

Nieuwe Grondstoffen voor Biobrandstoffen.

Alternatieve 1^e Generatie Energiegewassen

Report GAVE-09-01

In opdracht van



Ministerie van Volkshuisvesting,
Ruimtelijke Ordening en
Milieubeheer

Colofon

Deze publicatie is vervaardigd voor het GAVE-programma. GAVE staat voor Gasvormige en Vloeibare klimaatneutrale Energiedragers. Doel van het programma is de ontwikkeling en introductie van klimaatneutrale brandstoffen in de transportsector in Nederland te versnellen. SenterNovem voert het GAVE-programma uit in opdracht van het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer in nauwe samenwerking met het Ministerie van Economische Zaken en het Ministerie van Verkeer en Waterstaat.

Meer informatie?

internet: www.senternovem.nl/gave

email: gave@senternovem.nl

Hoewel deze publicatie met de grootst mogelijke zorg is samengesteld, kan SenterNovem geen enkele aansprakelijkheid aanvaarden voor eventuele fouten. Bij publicaties van SenterNovem die informeren over subsidieregelingen geldt dat de beoordeling van de subsidieaanvragen uitsluitend plaatsvindt aan de hand van de officiële publicatie van het besluit in de staatscourant.

- SenterNovem is ontstaan uit een fusie tussen Senter en Novem.
- SenterNovem is een agentschap van het Ministerie van Economische Zaken
- SenterNovem voert beleid uit voor verschillende overheden op het gebied van innovatie, energie & klimaat en milieu & leefomgeving en draagt zo bij aan innovatie en duurzaamheid

SenterNovem

Catharijnesingel 59

Postbus 8242

3503 RE Utrecht

telefoon: 030- 239 34 93

telefax: 030- 231 64 91

Het project is uitgevoerd door:

Agrotechnology and Food Sciences Group, WUR

Postbus 17

6700 AA Wageningen

telfoon: 0317- 475 024

E-mail: info.afsg@wur.nl

Titel: Nieuwe Grondstoffen voor Biobrandstoffen. Alternatieve 1^e Generatie Energiegewassen

Auteurs: Wolter Elbersen (WUR-AFSG) en Leo Oyen (WUR-PROTA).

Met bijdragen van: Rob Bakker (WUR-AFSG) en Rolf Blaauw (WUR-AFSG)

AFSG nummer: 1075

ISBN-nummer: 978-90-8585-563-7

Publicatiedatum: Augustus 2009

Samenvatting

Bioenergie en dan vooral biobrandstoffen (voor transport) staan in de belangstelling. Hierbij gaat het vooral om de huidige zogenaamde 1^e generatie biobrandstoffen. Deze zijn gebaseerd op suikers en zetmeel voor de productie van bioethanol als benzinevervanging of oliën en vetten voor de productie van biodiesel als dieselvevanging. De meeste biobrandstoffen zijn gebaseerd op gangbare grondstoffen zoals bijvoorbeeld suikerriet, koolzaad, maïs of palmolie. Er is ook een aanzienlijk aantal “nieuwe” of op minder bekende biobrandstof grondstoffen. Regelmatig wordt er in de media aandacht besteed aan dergelijke nieuwe gewassen en worden deze gepresenteerd als veelbelovend en duurzaam. Echter, van deze “nieuwe” biobrandstof grondstoffen is veelal onduidelijk wat het potentieel is. Er zijn hierover veel vragen bij publiek, industrie en de overheid. Daarom wordt er in dit rapport een kort overzicht gegeven van een aantal alternatieve gewassen die grondstoffen voor 1^e generatie biobrandstoffen kunnen leveren en wordt er een korte analyse gegeven van de mogelijkheid voor duurzame biobrandstofproductie.

Er is eerst een long-list gemaakt van mogelijke alternatieve 1^e generatie biobrandstofgewassen, waarbij het opvallend is dat er slechts weinig gewassen bestaan die overwogen worden als bioethanolgewas maar dat deze gewassen vaak wel perspectiefvol lijken. Tegelijk was het mogelijk om zeer veel gewassen (>50) te vinden die als mogelijk biodiesel gewas overwogen worden. Hiervan konden er echter maar 3 worden geïdentificeerd die een belangrijke rol zouden kunnen spelen in de toekomst.

Het is belangrijk om te beseffen, dat in principe uit elk gewas een biobrandstof kan worden gemaakt. Vraag is alleen of de totale impact opweegt tegen de impacts van het gebruik van het fossiele alternatief (benzine en diesel). Zeer veel aspecten kunnen in deze afweging meegenomen worden en er bestaan hiervoor ook beoordelingssystemen. Het is van belang te beseffen dat de wijze waarop het gewas wordt verbouwd en verwerkt en hoe het teeltsysteem is opgezet de uiteindelijke duurzaamheid van het product, de biobrandstof, bepaalt. Dit is het geval voor ecologische duurzaamheid en wellicht nog meer voor sociale duurzaamheid. Met sommige gewassen is het echter makkelijker om duurzame biobrandstof te produceren dan met andere.

De volgende perspectiefvolle bioethanol- en biodiesलगewassen zijn beschreven:

Suikerpalm is een potentieel zeer productieve meerjarige palm die wordt geteeld in de natte gebieden van de tropen (ZO Azië). Duurzame ethanolproductie lijkt mogelijk hoewel de lange jeugdfase en de grote arbeidsvraag een mogelijke belemmering voor grootschalige productie zijn.

Tropische suikerbiet is een tropische variant van de bekende suikerbiet, die onder “high input” omstandigheden een hoge en efficiënte productie kan bereiken. Naar verwachting zal het een belangrijke rol als ethanolgewas kunnen spelen met name in aanvulling op suikerriet of in (geïrrigeerde) droge gebieden.

Cassave is een belangrijk voedsel en veevoergewas (Tapioca) in de tropen dat veel verbouwd wordt door kleine boeren. Hoewel de productiviteit zeer hoog kan zijn (90 ton per ha) is deze in de praktijk meestal zeer laag (10-20 ton per ha). Een positieve broeikas en energiebalans is alleen te bereiken met speciale maatregelen.

Suiker sorghum is een sorghum type dat geteeld wordt voor het suikergehalte van de stengel en niet voor de korrel. Het gewas kan in korte tijd veel suiker produceren en produceert net als suikerriet bagasse die als brandstof voor het ethanolproductieproces te gebruiken is. Net als bij suikerriet lijkt een positieve broeikas- en energiebalans (binnen de keten) makkelijk te bereiken.

Nipa Palm is een relatief onbekende palm die groeit in de mangroves van ZO Azië. Het gewas lijkt zeer productief, maar zal door de beperkte aanpassing alleen een niche rol kunnen spelen.

Jatropha is wel veel in het nieuws, maar er is nog weinig van bekend. De belangstelling komt vooral voort uit de mogelijkheid om onder marginale omstandigheden hoge olieopbrengsten te

geven. Veel ontwikkeling van teeltmethoden en variëteiten is nodig voordat de potentie echt duidelijk is.

Castor is een bekend oliegewas voor industriële toepassing. In Brazilië en een aantal andere landen wordt het gezien als biodiesel gewas voor drogere gebieden. De kwaliteit als biodiesel grondstof is matig. Verder maken ook de hoge productiekosten en de hoge waarde als industriële olie dat het niet snel een belangrijke bron van biodiesel zal worden op de internationale markt.

Kokospalm is het op 6 na belangrijkste oliegewas op aarde. Teelt vindt vooral door kleine boeren plaats waarbij de productiviteit laag is. De kwaliteit voor biodiesel is laag maar het zou gezien de relatief lage prijs mogelijk een aantrekkelijke olie voor productie van alkanen via waterstof bewerking (Hydro-treatment) zijn. De mogelijkheden voor duurzame productie lijken in principe positief.



Fermentatie van Suikerpalm, Sulawesi – Foto: E. Keijsers

Inhoudsopgave

Samenvatting	3
1 Inleiding	8
1.1 Doel	8
2 Achtergrond	9
2.1 De duurzaamheid van 1 ^e generatie biobrandstof gewassen	9
2.2 Productie van bioethanol	10
2.3 Productie van biodiesel	12
2.3.1 Inleiding	12
2.3.2 Kwaliteitsfactoren van biodiesel	13
2.3.3 Grondstofsoort	13
2.3.4 Zuiverheid van de grondstof	14
2.3.5 Het biodieselproductieproces	14
2.3.6 Brandstofadditieven	14
2.3.7 Opslag- en transportcondities	14
2.3.8 EN 14214: de biodieselstandaard voor de EU	14
2.3.9 Nieuwe oliegewassen en EN 14214	16
2.4 Van wilde plant tot cultuurgewas – het proces van domesticatie	16
3 Methoden	18
4 Resultaten van de energiegewassen scan	19
4.1 Bioethanolgewassen	19
4.2 Biodieselgewassen	19
5 Bioethanolgewassen	25
5.1 Suikerpalm	25
5.1.1 Samenvatting	25
5.1.2 Oorspronggebied en eisen aan klimaat en bodem	26
5.1.3 Huidige verspreiding en status als energiegewas	26
5.1.4 Beschrijving van het gewas	26
5.1.5 Teelt	27
5.1.6 Opbrengst en verwerking tot biobrandstof	28
5.1.7 Traditioneel gebruik	28
5.1.8 Economie	30
5.1.9 Duurzaamheid	30
Tropische suikerbiet	32
5.1.10 Samenvatting	32
5.1.11 Oorspronggebied en eisen aan klimaat en bodem	33
5.1.12 Huidige verspreiding en status als energiegewas	33
5.1.13 Beschrijving van het gewas	34
5.1.14 Teelt	34

5.1.15	Opbrengsten en verwerking tot biobrandstof	35
5.1.16	Traditioneel gebruik	36
5.1.17	Economie	36
5.1.18	Duurzaamheid	36
5.2	Cassave	38
5.2.1	Samenvatting	38
5.2.2	Oorspronggebied en eisen aan klimaat	39
5.2.3	Huidige verspreiding en status als energiegewas	40
5.2.4	Beschrijving van het gewas	40
5.2.5	Teelt	40
5.2.6	Opbrengsten en verwerking tot biobrandstof	41
5.2.7	Traditioneel gebruik	42
5.2.8	Economie	43
5.2.9	Duurzaamheid	43
5.3	Suiker sorghum (Sweet sorghum)	45
5.3.1	Samenvatting	45
5.3.2	Oorspronggebied en eisen aan klimaat en bodem	46
5.3.3	Huidige verspreiding en status als energiegewas	46
5.3.4	Beschrijving van het gewas	47
5.3.5	Teelt	48
5.3.6	Opbrengsten en verwerking tot biobrandstof	49
5.3.7	Traditioneel gebruik	50
5.3.8	Economie	50
5.3.9	Duurzaamheid	51
5.4	Nipa Palm	52
5.4.1	Samenvatting	52
5.4.2	Oorspronggebied en eisen aan klimaat en bodem	53
5.4.3	Huidige verspreiding en status als energiegewas	53
5.4.4	Beschrijving van het gewas	53
5.4.5	Teelt	54
5.4.6	Opbrengsten en verwerking tot biobrandstof	55
5.4.7	Traditioneel gebruik	55
5.4.8	Economie	56
5.4.9	Duurzaamheid	56
6	Biodieselgewassen	57
6.1	Jatropha	57
6.1.1	Samenvatting	57
6.1.2	Oorspronggebied en eisen aan klimaat en bodem	58
6.1.3	Huidige verspreiding en status als energiegewas	58
6.1.4	Beschrijving van het gewas	59
6.1.5	Teelt	59

6.1.6	Opbrengsten en verwerking tot biobrandstof	60
6.1.7	Traditioneel gebruik	61
6.1.8	Economie	62
6.1.9	Duurzaamheid	62
6.2	Castor	64
6.2.1	Samenvatting	64
6.2.2	Oorspronggebied en eisen aan klimaat en bodem	65
6.2.3	Huidige verspreiding en status als energiegewas	65
6.2.4	Beschrijving van het gewas	66
6.2.5	Teelt	66
6.2.6	Opbrengsten en verwerking tot biobrandstof	67
6.2.7	Traditioneel gebruik	68
6.2.8	Economie	69
6.2.9	Duurzaamheid	70
6.3	Kokospalm	71
6.3.1	Samenvatting	71
6.3.2	Oorspronggebied en eisen aan klimaat en bodem	72
6.3.3	Huidige verspreiding en status als energiegewas	72
6.3.4	Beschrijving van het gewas	72
6.3.5	Teelt	74
6.3.6	Opbrengsten en verwerking tot biobrandstof	75
6.3.7	Traditioneel gebruik	76
6.3.8	Economie	77
6.3.9	Duurzaamheid	77
	Literatuurlijst	78

1 Inleiding

Bioenergie en dan vooral biobrandstoffen (voor transport) staan in de belangstelling. Hierbij gaat het vooral om de huidige 1^e generatie biobrandstoffen. Deze zijn gebaseerd op suikers en zetmeel voor de productie van bioethanol als benzinevervanging of oliën en vetten voor de productie van biodiesel als dieselvevanging. De meeste biobrandstoffen zijn gebaseerd op gangbare grondstoffen zoals bijvoorbeeld suikerriet, koolzaad, maïs of palmolie. Er is ook een aanzienlijk aantal “nieuwe” of minder bekende biobrandstof grondstoffen zoals suikerpalm, tropische suikerbiet, suiker sorghum (sweet sorghum), cassave, etc. Regelmatig wordt er in de media aandacht besteed aan dergelijke nieuwe gewassen en worden deze gepresenteerd als veelbelovend en duurzaam. Echter van deze “nieuwe” biobrandstof grondstoffen is veelal onduidelijk wat het potentieel is, of wat er precies nodig is om deze te produceren. Er zijn hierover veel vragen bij publiek, industrie en de overheid. Daarom is er behoefte om meer inzicht te hebben in deze alternatieve gewassen die grondstoffen voor 1^e generatie biobrandstoffen kunnen leveren.

1.1 Doel

Doel van dit rapport is een goed toegankelijk overzicht te geven van 1) nieuwe of 2) opkomende maar nog minder bekende en 3) onbekende 1^e generatie biobrandstof gewassen. Het gaat hier dus met name om gewassen die genoemd worden als alternatief 1^e generatie biobrandstofgewas en waarvoor genoeg relevante gegevens bekend zijn. Verder moet het gewas relevant zijn voor de Nederlandse/EU markt. Gewassen die alleen lokaal/op kleine schaal relevant zijn worden niet meegenomen. Het gaat hier dus om gewassen waaruit bioethanol of biodiesel te produceren is.

Algen en de bekende biobrandstof gewassen zoals suikerriet, koolzaad, oliepalm, zonnebloem, en bekende graangewassen als maïs, tarwe, gerst, etc. worden verder niet behandeld, omdat informatie hierover al in ruime mate beschikbaar is. Ook 2^e generatie gewassen zoals wilgen, switchgrass (vingergras) en *Miscanthus* worden hier niet behandeld.

2 Achtergrond

2.1 De duurzaamheid van 1^e generatie biobrandstof gewassen

In principe kan uit elk gewas een biobrandstof worden gemaakt. Vraag is alleen of de totale impact opweegt tegen de impacts van het gebruik van het fossiele alternatief. Zeer veel aspecten kunnen in deze afweging meegenomen worden. De Commissie Cramer heeft in 2006 een aanzet gemaakt tot het beoordelen van bioenergie-opties (Cramer et al., 2006). Deze criteria zijn nu omgezet in een systeem voor beoordeling van de duurzaamheid (NTA 8080, 2009). Op basis van de NTA 8080, de Roundtable on Sustainable Biofuels de nieuwe EU directive (EC, 2009) en de discussie over indirecte effecten (Searchinger et al., 2008; Fagione, 2008; EC, 2009 en vele anderen) is het mogelijk om de eigenschappen van een duurzaam energiegewas te benoemen. Hierbij is het van belang te beseffen dat de wijze waarop het gewas wordt gebruikt en hoe het teeltsysteem is opgezet de uiteindelijke duurzaamheid van het product, de biobrandstof, voor een groot deel bepaalt. Dit is het geval voor ecologische duurzaamheid en wellicht nog meer voor sociale duurzaamheid. Met sommige gewassen is het echter makkelijker om duurzame biobrandstof te produceren dan met andere.

Eigenschappen van energiegewassen die bij kunnen dragen aan duurzame en efficiënte productie van bioenergie zijn:

- Hoge productiviteit: hoge drogestof-productie per ha en een hoge productie van het energieproduct (suiker, zetmeel, olie)
- Hoge opbrengst onder marginale condities
- Efficiënt gebruik van water: hoge water-use-efficiency (= kg watergebruik per kg product)
- Efficiënt gebruik van nutriënten (N, P, K, etc.)
- Laag gebruikt van andere inputs: dus weinig bestrijdingsmiddelen en andere teelmaatregelen (machines, brandstof, arbeid)
- Meerjarig is beter dan eenjarig: erosie is meestal minder, grondbewerking is minder, lengte van het groeiseizoen is meestal langer, C vastlegging of behoud van C in de bodem is beter, etc. Inpassing in een rotatie is niet echt mogelijk
- Een korte jeugdfase: een lange jeugdfase en dus lange tijd tussen aanplant en eerste oogst leidt tot hoge aanloopkosten. Dit geldt met name voor plantages met meerjarige planten.
- Een gezaaid gewas is beter dan een gewas dat met rhizomen of knollen wordt vermeerderd: vermeerdering met rhizomen, knollen of stengel kost meer zowel financieel als in termen van inputs
- Een lang oogstseizoen is beter dan een korte ‘compagne’: bij een lang oogstseizoen zal opslag niet of minder nodig zijn en is er een kleinere fabriek nodig om een zelfde oogst te verwerken tot biobrandstof
- Bijproducten met een hoge waarde: footprint kan gedeeld worden
- Een goede inpasbaarheid in bestaande teeltsystemen (rotaties): sommige gewassen kunnen niet achterelkaar geteeld worden i.v.m. ziektes (bijvoorbeeld suikerbiet en olieraap), sommige gewassen vereisen geheel andere machines dan er voorhanden zijn op de boerderij.

“Sociale” duurzaamheid is ook onderdeel van de Cramer duurzaamheidscriteria. Eigenschappen van het gewas en teeltsysteem die hier aan bijdragen zijn o.a.:

- De mogelijkheid om laaggeschoolde arbeid in te zetten. Denk hierbij aan onkruidbestrijding, aanplant en oogst.

- Een jaarrond vraag naar arbeid heeft de voorkeur boven de noodzaak van seizoensarbeid.
- De mogelijkheid om kleinschalig (en vaak laagtechnologisch) te telen heeft de voorkeur boven de noodzaak om grote plantages op te zetten.
- De mogelijkheid om lokaal, meestal kleinschalig, een deel van de verwerking tot biobrandstof te doen heeft de voorkeur boven noodzaak van grootschalige verwerking.
- Een beperkte noodzaak om gewasbestrijdingsmiddelen in te zetten. Bestrijdingsmiddelen leiden makkelijk tot gezondheidsproblemen of milieuvervuiling.
- Lage kapitaalskosten over de gehele keten

Het zal duidelijk zijn dat sommige eigenschappen van een gewas zowel positief als negatief kunnen uitpakken in de duurzaamheidsanalyse. Een praktijkvoorbeeld is het branden van suikerrietvelden. Dit gebeurt vlak voor het oogsten om zo kappen van het suikerriet mogelijk te maken. Dit geeft aanzienlijke luchtvervuiling. Een alternatief is machinale oogst, waarvoor geen branden nodig is. Dit heeft wel als nadeel dat er minder ongeschoolde arbeid nodig is wat nadelige sociale effecten heeft.

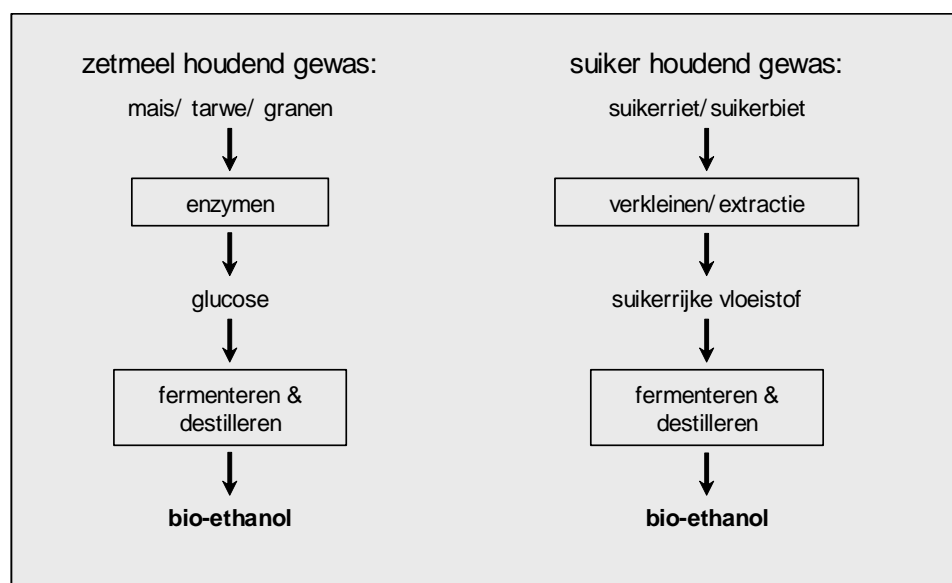
2.2 Productie van bioethanol

Op dit moment is bioethanol geproduceerd uit suikers en zetmeel het meest gebruikte alternatief voor benzine. Bioethanol wordt door middel van fermentatie door gist uit C₆ suikers (bijvoorbeeld glucose) geproduceerd volgens:



Bioethanol kan zonder specifieke aanpassingen aan de auto tot 5 a 10% bij benzine worden ingemengd. Bij hogere hoeveelheden bioethanol is een aanpassing wel nodig (flex-fuel). Bioethanol wordt via een relatief eenvoudig proces uit suikers of zetmeel geproduceerd, zie Figuur 1.

Figuur 1 Proces van bioethanolproductie uit suiker of zetmeelgewassen¹.



Een gewas dat voor bioethanolproductie geschikt is, moet aan een aantal eisen voldoen:

1. Hoog gehalte aan vrije suikers of zetmeel in het oogstbare gedeelte van het gewas. Bij 1e generatie bioethanolproductie wordt ethanol geproduceerd door middel van fermentatie van C6 suikers, met name sucrose, glucose en fructose. Deze suikers kunnen ofwel direct aan het gewas onttrokken worden (zoals bij suikerhoudende gewassen, bijv. suikerbiet), of suikers worden onttrokken na behandeling van het zetmeel dat aanwezig is in het gewas (zoals bij zetmeelhoudende gewassen, bijv. maïs). Alhoewel de inzet van zetmeelhoudende gewassen voor bioethanol dus extra stappen vergt in vergelijking met suikerhoudende gewassen, is hiermee niet gezegd dat suikerhoudende gewassen per definitie beter geschikt zijn voor ethanolproductie. Ook andere eigenschappen (zie de volgende punten) spelen daarbij een rol. Evenwel geldt dat hoe hoger het zetmeel of suikergehalte is tijdens de oogst van het gewas, hoe beter geschikt het gewas is voor bioethanolproductie.
2. Een laag watergehalte in het oogstbare gedeelte van het gewas, en mogelijkheden voor bewaring van het gewas. Een hoog gehalte aan water in het oogstbare gedeelte van het gewas stelt beperkingen aan de bewaarbaarheid van het gewas, nadat dit geoogst is. Zeker als de oogst van het gewas in een korte periode dient plaats te vinden, is bewaarbaarheid hiervan belangrijk aangezien de bioethanolproductie zich over een langere tijd zal uitspreiden. Niet bij alle gewassen is drogen van het gewas om het watergehalte te verlagen, technisch mogelijk: een voorbeeld is suikerbiet. In de regel kunnen zetmeelhoudende gewassen beter bewaard worden dan suikerhoudende gewassen. Voor sommige gewassen (zoals bijv. cassave) is het mogelijk om de plant pas te oogsten als deze ingezet wordt voor bioethanolproductie. Het watergehalte heeft ook gevolgen voor het ethanolproductie proces zelf: bij een hoog watergehalte zal het suikergehalte te laag zijn om op economische wijze bioethanol te produceren, waardoor een evaporatie nodig is om het suikergehalte te verhogen.
3. Fermenteerbare componenten moeten makkelijk extraheerbaar zijn. Er zijn verschillende technieken om suikers en zetmeel uit ethanolgewassen te extraheren. Voor nieuwe gewassen zullen deze technieken aangepast moeten worden. Een voorbeeld is de inzet van enzymen bij bioethanolproductie uit zetmeelgewassen: een enzym dat voor ethanolproductie uit maïs of tarwe geschikt is, kan niet zonder meer ingezet worden bij bijv. aardappel. Hetzelfde geldt voor mechanische of fysische processen die ingezet worden bij extractie van suikers uit suikerhoudende gewassen. Hoe beter een nieuw bioethanolgewas verwerkt kan worden met bestaande technieken, hoe beter dit gewas is voor inzet bij bioethanolproductie.
4. Samenstelling en toepassing van het niet-fermenteerbare gedeelte van het gewas. Voor elk gewas geldt dat niet het gehele oogstbare deel van het gewas omgezet kan worden voor bioethanol. Veelal komt er een niet-fermenteerbaar gedeelte beschikbaar dat als restproduct geproduceerd wordt naast het hoofdproduct bioethanol. Voor deze restproducten dient een toepassing gevonden te worden, zoals bijvoorbeeld veevoer, of verbranding voor warmte of elektriciteitsproductie. Eventueel is een extra bewerking van het restproduct nodig om dit te kunnen inzetten in een bepaalde markt. Hoe makkelijker

¹ *Annevelink et al., 2006*

het restproduct ingezet kan worden voor een bepaalde toepassing, hoe beter geschikt dit gewas is voor bioethanolproductie.

De huidige gewassen die voor bioethanolproductie ingezet worden vallen uiteen in de suikerhoudende gewassen suikerriet en suikerbiet, en de zetmeelgewassen korrelmaïs, tarwe, en gerst. Daarnaast wordt op kleinere schaal cassave ingezet voor bioethanolproductie. Ten aanzien van bovenstaande vier eisen hebben de belangrijkste huidige bioethanolgewassen de volgende kenmerken:

- tarwe en maïs: oogstbare gedeelte bevat meer dan 60% zetmeel; watergehalte is laag of kan door drogen verlaagd worden om langere bewaring te bewerkstelligen; fermenteerbare component (zetmeel) is met bestaande technieken te extraheren; het restproduct (DDGS) bevat eiwitten en vezels waardoor het uitstekend geschikt is als veevoer
- suikerriet: oogstbare gedeelte bevat een laag suikergehalte (ca 10%); watergehalte in oogstbare gedeelte is dusdanig dat vrij kort na de oogst extractie en fermentatie dient plaats te vinden; fermenteerbare component (sucrose) kan met bestaande technieken die ook bij kristalsuikerproductie gebruikt worden, geëxtraheerd worden; restproduct (bagasse) kan zonder verdere bewerking ingezet worden voor productie van warmte en elektriciteit
- suikerbiet: suikergehalte van het oogstbare gedeelte is beperkt (ca 17%); watergehalte in oogstbare gedeelte is hoog waardoor slechts korte bewaring mogelijk is; fermenteerbare component (sucrose) kan met bestaande technieken die ook bij kristalsuikerproductie gebruikt worden, geëxtraheerd worden; restproduct wordt (bietenpulp) of direct, of na verdere bewerking (verrijking met melasse en drogen) ingezet als veevoer.

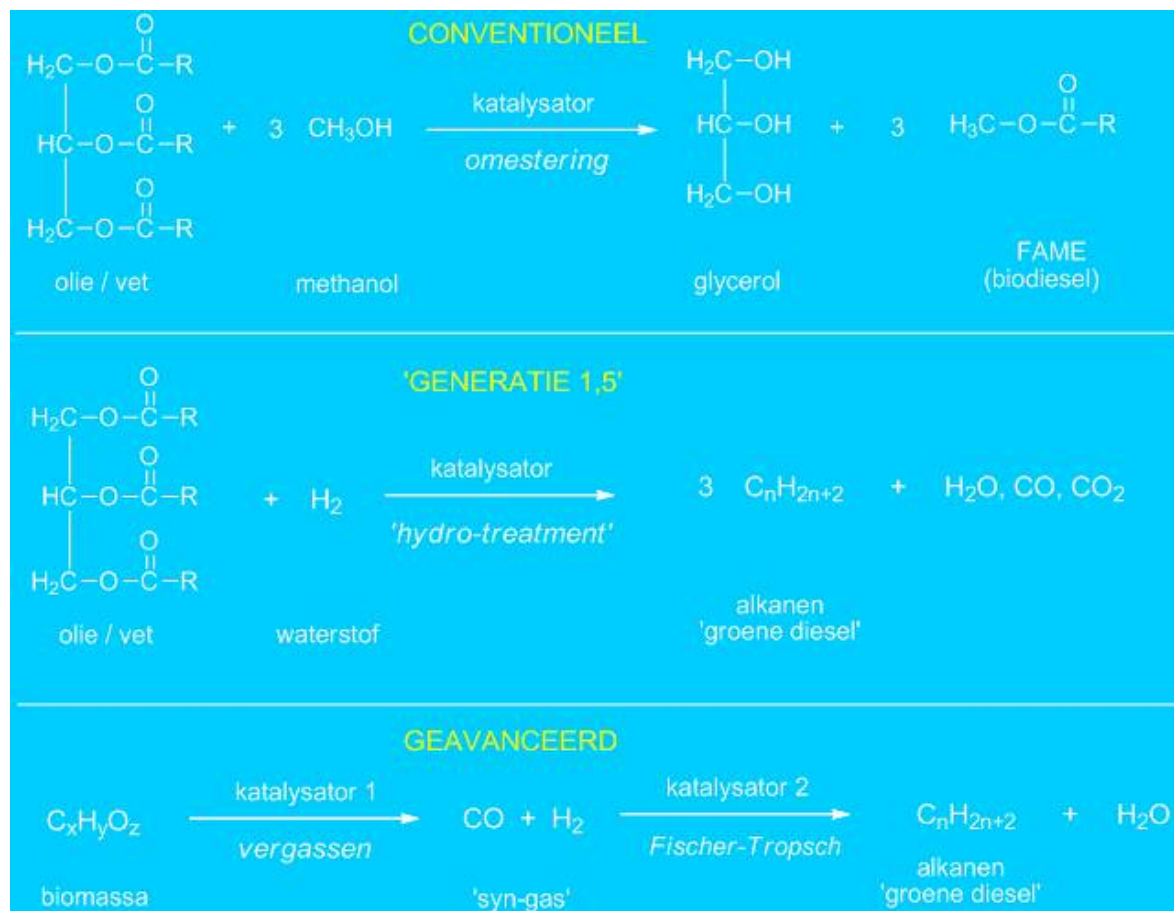
2.3 Productie van biodiesel

2.3.1 Inleiding

Biodiesel is een biobrandstof die diesel kan vervangen. Er bestaan verschillende opties om biodiesel te produceren (zie figuur x). Als we het over biodiesel hebben wordt echter meestal het product van de conventionele productieroute bedoeld waarbij plantaardige oliën en/of dierlijke vetten bij zo'n 60°C te laten reageren met een ruime hoeveelheid methanol, in aanwezigheid van een basische katalysator. Hierbij ontstaan zogenaamde vetzuurmethylesters –de feitelijke biodiesel– en glycerol.

De voornaamste reden waarom plantaardige oliën en dierlijke vetten omgezet worden in methylesters is dat de viscositeit ('stroperigheid') van biodiesel veel dichterbij die van gewone diesel komt. De hoge viscositeit van oliën en vetten zou leiden tot allerlei operationele problemen in dieselmotoren, zoals afzettingen op en verstoppingen van onderdelen.

Figuur 2. Conversieprocessen om biodiesel 1^e, 1,5^e en 2^e generatie biodiesel te maken.



2.3.2 Kwaliteitsfactoren van biodiesel

Vooruitgang in motortechnologie en reductie van schadelijke uitlaatgassen kan niet worden bewerkstelligd zonder bepaalde minimumeisen te stellen aan de brandstofkwaliteit. Net als bij diesel moeten ook enkele eigenschappen van biodiesel daarom binnen bepaalde specificaties vallen. De belangrijkste factoren die de eigenschappen en kwaliteit van biodiesel bepalen zijn:

- Grondstofsoort (bijv. sojaolie versus koolzaadolie)
- Zuiverheid van de grondstof
- Het biodieselproductieproces
- Brandstofadditieven
- Opslag- en transportcondities

In het kader van dit project zijn met name de eerste twee factoren belangrijk.

2.3.3 Grondstofsoort

Hoewel de chemische structuur van de verschillende plantaardige en dierlijke oliën en vetten op het eerste gezicht veel op elkaar lijkt, zijn er kleine verschillen in de vetzuurketens die ervoor zorgen dat de eigenschappen sterk verschillen. Zo beïnvloeden de ketenlengte van de vetzuurketens, de mate van 'onverzadigdheid' (d.w.z. de hoeveelheid koolstof-koolstof dubbele bindingen), en de hoeveelheden waarin de verschillende vetzuren in de olie of het vet aanwezig zijn allemaal de uiteindelijke eigenschappen. Een biodiesel gemaakt uit palmolie zal heel andere

brandstofeigenschappen hebben dan een biodiesel uit koolzaadolie; terwijl palmolie methylester een goede biobrandstof is in tropische gebieden, zou het in motoren in koudere klimaten voor filterverstoppingen zorgen door vorming van gestolde componenten.

2.3.4 Zuiverheid van de grondstof

Hoe hoger het gehalte aan triglycerides in de olie of het vet, hoe hoger de hoeveelheid methylester bij biodieselproductie, en dus hoe beter de brandstofeigenschappen. Daarom gebruiken de meeste biodieselproducenten geraffineerde oliën, ondanks de iets hogere kosten. Deze zijn vrijwel vrij van vaste deeltjes en andere verontreinigingen die van nature aanwezig zijn in oliën en vetten die, indien ze in de uiteindelijke biodiesel terecht zouden komen, voor beschadiging en slijtage van motoronderdelen zouden leiden, en een toename van schadelijke componenten in de uitlaatgassen.

2.3.5 Het biodieselproductieproces

De condities en chemicaliën die tijdens de productie van biodiesel gebruikt worden, inclusief scheidings- en zuiveringsstappen, zijn een belangrijke factor voor de uiteindelijke kwaliteit van de biodiesel. De belangrijkste graadmeter is de omzettingsgraad, ofwel de volledigheid van de reactie. Deze moet zo dicht mogelijk bij 100% liggen. Adequate afscheiding van het tevens gevormde glycerol en de verwijdering van overgebleven methanol, katalysator en andere bijproducten is cruciaal voor het verkrijgen van een goede biodiesel.

2.3.6 Brandstofadditieven

Het is gebruikelijk om de eigenschappen van brandstoffen te optimaliseren met additieven. In de huidige geavanceerde dieselmotoren zou een diesel zonder additieven bijna beschouwd worden als een slechte brandstof. Om een goede werking van dieselmotoren bij lage temperaturen mogelijk te maken worden zogenaamde vloeiverbeteraars toegevoegd. Vergelijkbare stoffen worden toegevoegd aan 'winter grade' biodiesel. Het moet benadrukt worden dat een biodiesel van slechte kwaliteit nooit alleen met additieven kan worden omgezet in een goede brandstof.

2.3.7 Opslag- en transportcondities

Gedurende opslag en transport moet contact met water en zuurstof tot een minimum beperkt worden. Biodiesel neemt tot 30 maal meer water op dan gewone diesel. Water kan bij lopende motoren voor corrosie van motoronderdelen zorgen. Ook kan water zorgen voor schimmelgroei in de biodiesel. Oxidatie van biodiesel door zuurstof (vergelijkbaar met de 'droging' van olievarven) leidt tot de vorming van zuren, en tot een verhoging van de viscositeit. Antioxidanten worden toegevoegd om oxidatie te onderdrukken en opslagstabiliteit te verbeteren.

Het is duidelijk dat kwaliteitscontrole en de handhaving van kwaliteitsnormen cruciaal zijn om een goede werking van dieselmotoren en onderhoud te kunnen garanderen. Kwaliteitsstandaarden zijn het onderwerp van de volgende sectie.

2.3.8 EN 14214: de biodieselstandaard voor de EU

De huidige Europese kwaliteitsstandaard voor biodiesel is sterk gebaseerd op de vroege ervaringen van met name Oostenrijk, Duitsland en Frankrijk met methylesters van koolzaadolie. De gebrekkige ervaring met biodiesel uit andere oliën dan koolzaadolie heeft er toe geleid dat de huidige standaard, EN 14214 (2003), slechts smalle marges toelaat van de eigenschappen

genoemd in de standaard. In de praktijk kunnen biodiesels uit andere oliën en vetten slechts in beperkte mate worden bijgemengd aan biodiesel uit koolzaadolie. Daar komt nog bij dat alle biodiesel die aan gewone diesel wordt bijgemengd ook moet voldoen aan EN 14214. De huidige norm voor diesel, EN 590, is hiertoe aangepast, en staat nu tot 5% biodiesel toe in gewone diesel, mits het mengsel blijft voldoen aan de eisen voor diesel in EN 590. De 26 specificaties uit EN 14214 en de bijbehorende testmethodes staan weergegeven in Tabel 1.

Tabel 1 Europese biodieselstandaard transportbrandstoffen, EN 14214.

<i>Eigenschap</i>	<i>Limieten</i>	<i>Eenheden</i>	<i>Testmethode</i>
Methylestergehalte	≥ 96,5	% (m/m)	EN 14103
Dichtheid bij 15°C	860–900	kg/m ³	EN ISO 3675; EN ISO 12185
Viscositeit bij 40°C	3,5–5,0	mm ² /s	EN ISO 3104; ISO 3105
Vlampunt	≥ 120	°C	EN ISO 3679
Zwavelgehalte	≤ 10,0	mg/kg	EN ISO 20846; EN ISO 20884
Koolstofresidu	≤ 0,30	% (m/m)	EN ISO 10370
Cetaangetal	≥ 51	–	EN ISO 5165
Cold Filter Plugging Point	<i>a</i>	°C	EN 116
Zwavelhoudend as	≤ 0,02	% (m/m)	ISO 3987
Watergehalte	≤ 500	mg/kg	EN ISO 12937
Totaal aan verontreinigingen	≤ 24	mg/kg	EN 12662
Koperstripcorrosie (3 uur/50°C)	Klasse 1	–	EN ISO 2160
Oxidatieve stabiliteit bij 110°C	≥ 6,0	uur	EN 14112
Zuurgetal	≤ 0,50	mg KOH/g	EN 14104
Joodgetal	≤ 120	g jood/100 g	EN 14111
Linoleenzuurgehalte	≤ 12	% (m/m)	EN 14103
Methylestergehalte ≥ 4 C=C	≤ 1	% (m/m)	–
Methanolgehalte	≤ 0,20	% (m/m)	EN 14110
Monoglyceridegehalte	≤ 0,80	% (m/m)	EN 14105
Diglyceridegehalte	≤ 0,20	% (m/m)	EN 14105
Triglyceridegehalte	≤ 0,20	% (m/m)	EN 14105
Vrij glycerol	≤ 0,02	% (m/m)	EN 14105; EN 14106
Totaal glycerol	≤ 0,25	% (m/m)	EN 14105
Alkalimetalen (Na + K)	≤ 5,0	mg/kg	EN 14108; EN 14109
Aardalkalimetalen (Ca + Mg)	≤ 5,0	mg/kg	EN 14538
Fosforgehalte	≤ 10,0	mg/kg	EN 14107

a. Geselecteerd door nationale normeringscommissies. In Nederland is het maximale CFPP in de zomer (mei t/m september) 0°C (Grade B), in maart, april en oktober –5°C (Grade C), in november –10°C (Grade D), en in de winter (december t/m februari) –20°C (Grade F). Deze waarden gelden zowel voor biodiesel als voor gewone diesel.

2.3.9 *Nieuwe oliegewassen en EN 14214*

Bij de beoordeling van de geschiktheid van nieuwe gewassen voor de productie van biodiesel spelen naast zaken als duurzaamheid, teeltspecificaties en opbrengsten per hectare de eigenschappen van de (nieuwe) olie een belangrijke rol. Is de olie geschikt voor het relatief koude Europese klimaat of bevat het daarvoor te veel verzadigde vetzuren? Heeft de olie voldoende oxidatieve stabiliteit of is het gehalte aan meervoudig onverzadigde vetzuurketens te hoog? Veel oliën zullen wat dat betreft moeilijk kunnen concurreren met koolzaadolie, dat een voor het Europese klimaat passende combinatie heeft van een laag gehalte aan verzadigde vetzuurketens (<8%) – goed voor in de winter, en een voldoende laag gehalte aan meervoudig onverzadigde vetzuurketens (<30%) – goed voor de stabiliteit.

2.4 **Van wilde plant tot cultuurgewas – het proces van domesticatie**

Slechts ongeveer 5% van de planten zijn gedomesticeerd, en hiervan zijn maar 6–7% voedsel gewassen. Een zeer klein aantal hiervan (rijst, maïs, tarwe) levert het overgrote deel van ons voedsel. Toch gebruikt nog een kwart van de wereldbevolking regelmatig wilde planten voor hun voedsel en andere behoeften. In het verleden kon de wilde vegetatie deze planten leveren; door ontbossing en excessief oogsten is dit steeds moeilijker geworden. Veel van de betreffende soorten zijn bomen, waarbij export van het hout voorrang kreeg boven het gebruik van ‘bijproducten’ hoewel de waarde en duurzaamheid van deze laatste vaak opwoog tegen of groter was dan de waarde van het hout. In 1994, besloot het World Agroforestry Centre een wereldwijd programma te starten voor de domesticatie van wilde soorten. De soorten in dit programma werden geïdentificeerd in overleg met de lokale bevolking.

Bij de domesticatie van wilde soorten wordt de natuurlijke evolutie van de plant grotendeels overgenomen door selectie door de mens. ‘Survival of the fittest’ wordt vervangen door een streven naar een duurzame hoge opbrengst van een gewenst product. Dit is een complex proces, dat botanische, agronomische en sociaaleconomische aspecten heeft. Veel van de veranderingen hangen direct samen met de teelt van gewassen in monocultuur. Om een efficiënt beheer mogelijk te maken wordt gestreefd naar uniformiteit van een gewas; kieming, groei en ontwikkeling en afrijping moeten zoveel mogelijk simultaan verlopen. Uniformiteit tijdens kieming en eerste groei maakt het mogelijk door efficiënt wieden de competitie door onkruiden te minimaliseren, uniforme afrijping maakt efficiënt oogsten mogelijk. De noodzaak van onkruidbestrijding is overigens ook versterkt door aspecten van het domesticatieproces. In een gewas moeten planten in een dicht plantverband groeien zonder daarbij de omringende planten te zwaar te beconcurreren. In de natuur is het vermogen tot competitie voor ruimte juist een voorwaarde voor succes. Het streven naar maximale opbrengst van een gewas i.p.v. per plant leidt dus indirect tot zwakkere planten die meer zorg nodig hebben. Een vergelijkbare situatie treedt op ten aanzien van ziekten en plagen. Door de uniformiteit van gewassen krijgen die meer kans; tegelijk biedt de uniformiteit mogelijkheden om zo efficiënt mogelijk in te grijpen.

Een andere breuk met de natuur treedt op bij gewassen geteeld voor het zaad. In de natuur is verspreiding van het zaad een belangrijk doel; bij de meeste gewassen blijft het zaad ook als het rijp is stevig aan de moederplant verbonden. Het meest bekende voorbeeld is maïs: bij wilde verwanten wordt zaad gevormd in open pluimen, bij de cultuurplant is de rijpe kolf goed ingepakt in een aantal schutbladen. Ook zijn er gewassen, die helemaal geen zaad meer maken, zoals banaan en sisal. Ook bij wilde verwanten van deze soorten speelt vermeerdering door de

vorming van zij scheuten al een rol; bij de cultuur-banaan is de vorming van zaad zelfs zeer ongewenst.

Tijdens het domesticatieproces wordt de groeiduur van gewassen vaak aanzienlijk korter. Voor een deel is dit een aanpassing aan specifieke ecologische omstandigheden. In gebieden met een relatief kort optimaal groeiseizoen worden rassen geselecteerd die een snelle ontwikkeling doormaken en die snel zaad vormen en afrijpen. Waar een kort regenseizoen heerst of een korte zomer voorkomt, is de noodzaak van een korte groeiduur duidelijk. Ook waar het groeiseizoen langer is wordt echter gestreefd naar een korte groeiduur, omdat verlenging van de groeiduur vaak niet leidt tot hogere opbrengsten, maar wel tot een verhoogde kans op het optreden van ziekten of plagen.

De groene revolutie in rijst en tarwe, die heeft geleid tot een ongekende verhoging van de opbrengsten per hectare is grotendeels terug te leiden tot het inkruisen van kort stevig stro en stijve rechte bladeren in deze gewassen. Door hun korte stro kunnen zij ook in een dicht plantverband beter gebruik maken van bemesting; door de betere vorm van het blad kunnen ze zonlicht beter onderscheppen voor fotosynthese. Dezelfde groene revolutie toont overigens ook de noodzaak aan van diversificatie. De successen van de eerste hoog opbrengende rassen konden hun slechte smaakeigenschappen niet lang maskeren en al snel werd de behoefte duidelijk aan aanpassingen aan lokale omstandigheden en consumenteneisen.

Veel olieleverende planten zijn bomen of grote struiken en hebben een lange niet-productieve jeugdfase, die kan oplopen tot enige tientallen jaren. Om dergelijke soorten in productie te kunnen nemen, moet de jeugdfase worden bekort, anders zijn investeringen nodig voor aanplant en onderhoud niet meer terug te verdienen. In Nederland is de teelt van appel in het midden van de 20e eeuw vrij snel overgegaan van hoogstam-boomgaarden op uiteindelijk spinnen die alleen nog via een systemen van leidraden kunnen worden geteeld, maar die wel al heel jong een heel hoge productie leveren. Voor de meeste soorten is de ontwikkeling minder ver gegaan. Bij citrus kan men door enten van materiaal van productieve bomen op geschikte onderstammen ook een sterke verkorting van de niet-productieve jeugdfase verkrijgen.

Uit het bovenstaande moge duidelijk zijn dat het in cultuur nemen van wilde planten een complex proces is dat vele jaren neemt. Er is dus een uitgebreide kennis nodig van reproductie (vermeerdering) en teeltmethoden, kennis van wenselijke eigenschappen en beschikbaarheid van uitgangsmateriaal met eigenschappen om mee te veredelen. Ontbreekt dit dan zal het veel langer duren voor een gewas geschikt is als energiegewas voor grootschalige toepassing.

3 Methoden

De analyse van nieuwe 1^e generatie biobrandstof gewassen is uitgevoerd in 2 fasen:

Fase 1:

Uitvoering van een “quick scan” om tabellen van bioethanol en biodiesel gewassen samen te stellen. Alle gewassen die in de media, in publicaties, of op internet genoemd worden als mogelijk 1^e generatie bioenergiegewas zijn verzameld. Gewassen waarvan enige relevante informatie met betrekking tot biobrandstofproductie te vinden was zijn opgenomen in Tabel 2 en 3. Op basis gegevens zoals potentiële opbrengst, beschikbaarheid van gegevens, duurzaamheids-claim, relevantie voor de Europese markt (export) is een selectie gemaakt van 8 gewassen die in meer detail zijn beschreven in fase 2.

Fase 2:

Vijf alternatieve 1^e generatie bioethanolgewassen en drie alternatieve 1^e generatie biodieselgewassen zijn beschreven volgens een gestandaardiseerd format. Op basis van beschikbare literatuur en een aantal interviews zijn verschillende kenmerken beschreven of beoordeeld. Hierbij zijn kenmerken als eerste oorsprongsgebied, eisen aan klimaat, huidige verspreiding, status als energiegewas, teeltmethoden, traditioneel gebruik, geschiktheid als biobrandstofgewas beschreven. Voor beoordeling van opbrengstpotentie en geschiktheid als biobrandstofgewas is getracht de beschikbare data kritisch te interpreteren. Er is hierbij ook een poging gedaan om economische en duurzaamheidsaspecten te beoordelen. Hiervoor is uitgegaan van de eigenschappen van energiegewassen die bij kunnen dragen aan de duurzaamheid zoals beschreven in paragraaf 1.4.

4 Resultaten van de energiegewassen scan

In Tabel 2 en 3 zijn de kenmerken van de belangrijkste alternatieve bioethanol- en biodieselgewassen opgenomen die relevant kunnen zijn voor (import naar) Europa.

4.1 Bioethanolgewassen

De lijst met potentiële bioethanolgewassen is korter dan de lijst met mogelijke biodieselgewassen. Een veelvoud van de mogelijke biodieselgewassen is niet opgenomen omdat er te weinig relevante informatie was. Het valt op dat een aantal van de bioethanolgewassen al redelijk ver is ontwikkeld en vaak ook al commercieel worden gebruikt voor bioethanolproductie terwijl ze nog maar weinig besproken worden in de media. Voorbeelden zijn suiker sorghum, cassave en tropische suikerbiet.

Een speciale categorie vormen de palmen die getapt kunnen worden voor suiker (siroop). Suiker palm is hiervan de bekendste die ook serieus wordt ontwikkeld voor grootschalige bioethanolproductie. Een andere is de Nipa palm die in ZO-Azië onder zeer natte condities (mangrove) groeit. Ook met dit gewas zijn er serieuze plannen voor commerciële bioethanolproductie.

Op basis van hierboven (paragraaf 2.1) geformuleerde eigenschappen van een goed energiegewas zijn de volgende gewassen nader beschreven:

- Suiker palm
- Tropische suikerbiet
- Cassave
- Suiker sorghum
- Nipa palm

Deze vijf gewassen zijn gekozen om verder te beschrijven omdat er naar onze inschatting een goede kans is dat bioethanol gemaakt van deze gewassen op de Nederlandse en Europese markt zal worden aangeboden en gebruikt in de komende jaren. Verder lijkt er voldoende informatie beschikbaar om een beschrijving te kunnen maken.

4.2 Biodieselgewassen

Het was mogelijk om meer dan 50 gewassen te identificeren die als biodiesel gewas genoemd worden. Van de meeste van deze gewassen is echter zeer weinig bekend of ze zijn duidelijk niet geschikt of alleen voor zeer speciale niches geschikt. Opvallend is daarbij dat het moeilijker was dan bij bioethanolgewassen om echt veelbelovende gewassen te onderscheiden. Dit komt mede door de specifiekere eisen die aan biodiesel worden gesteld.

Op basis van hierboven benoemde criteria lijkt het interessant om de volgende gewassen nader te onderzoeken:

- Castor/wonderolie, *Ricinus communis*
- *Jatropha*
- Kokos

Castor is bekend van de wonderolie en wordt in Brazilië reeds op grote schaal als biodieselgewas geteeld en kan daarom mogelijk ook geëxporteerd worden naar de EU. Kokos is een belangrijk oliegewas dat als biodieselgewas weinig wordt genoemd. Toch zijn er landen, zoals de Filippijnen, die het mogelijk zullen exporteren als brandstof. Jatropha wordt veel besproken en er wordt veel in geïnvesteerd maar er is nog relatief weinig van bekend.

Tabel 2. Alternatieve 1^e generatie bioethanolgewassen. De gewassen in de geel gekleurde rijen worden in detail besproken in de volgende hoofdstukken

Bekende namen Latijnse naam	Geoogst plantdeel/ grondstof	Groeiwijze	Teelteisen regio	Opbrengst- potentie	Teeltoervaring als energiegewas	Bijproduct	Duurzaamheidsclaim	Beoordeling
Suiker palm <i>Arenga pinnata</i>	Suiker getapt uit groei punt	Meerjarige palm	Natte tropen - evenaar	Hoog, claim meer dan suikerriet	Veel als bevolkingsgewas kleinschalig,	Vezelproducten	Hoge productiviteit, lage inputs op gedegradeerde gronden, inzet lokale bevolking	Interessant, weinig ervaring in grootschalige productie, productief, natte tropen is kwetsbaar, opschaling is nodig. Plannen in Indonesië en Colombia
Tropische suikerbiet <i>Beta vulgaris</i>	Suiker in knol	Eenjarig gewas	suikerbiet ontwikkeld voor tropen door Syngenta®	Hoog,	India, Kenia, Brazilië, etc	Vezel pulp	Hoge opbrengst (2x per jaar, laag watergebruik.	Interessant, moet zich nog bewijzen, high tech, lijkt relevante optie
Aardpeer, Jerusalem artichoke <i>Helianthus tuberosus L.</i>	Inuline in knol: 70- 80% fructose + 15-25% glucose	Eenjarig knolgewas	tot noord Europa	5-6 m3 ethanol/ha	Redelijk tot veel	Geen	Productief	Interessant maar is al heel lang in niche blijven steken, lijkt rel. dure optie
Zoete aardappel Sweet potato, <i>Ipomoea batatas</i>	Zetmeel in knol	Eenjarig knolgewas	tropen en subtropen, laagland, ook zuid Europa,	Hoog	Veel	Geen	Productief	Interessant, nog weinig toegepast, productief maar ook hoge input
Sago palm, <i>Metroxylon sagu</i>	Zetmeel in stam	Meerjarige palm	natte tropen – ZO Azië	Hoog	Veel, maar kleinschalig	Vezel	sociaal, lokale productie	Wordt niet of nauwelijks als bioethanolgewas genoemd, veel ontwikkeling nodig als bioethanolgewas
Cassave, tapioca maniok, yuca, <i>Manihot esculenta</i> Crantz	Zetmeel in knol	Eenjarig knolgewas	tropisch, ook iets drogere gebieden	Hoog, tot meer dan 80 ton (vers)	Relatief veel, Thailand, Brazilië	Beperkt, Vezel pulp, bladeren als voer	Lage nutriënten behoefte, rel groot verspreidingsgebied in tropen,	Interessant, als voor bioethanol toegepast, lang oogstseizoen, productief, sociaal gewas in tropen
Nipa palm <i>Nypa fruticans</i>	Suiker geoogst door tappen van groei punt	Mangrove palm	Zeer natte tropen, mangrove ZO Azië, Pacific,	Veel, tot 20 ton suiker / ha (ongeveer 10 m3 ethanol) per ha geclaimd	Weinig tot geen; wel plannen o.a. in Maleisië	Bladeren voor vezelproducten	Hoge productie, oogst van bestaande plant, geen teelt nodig, rel veel arbeid nodig	Lijkt vooral interessant als lokale optie, opschaling kan lang duren.
Suiker sorghum Sweet sorghum, suiker gierst, Kafferkoren	Suiker in stengel	Eenjarig C4 gras	van drogere tropen tot in gematigde gebieden (Zuid Europe) / USA,	Potentie 4 tot 7 m3 ethanol /ha plus bagasse	Relatief veel	Bagasse, Zaad (zetmeel)	Hoge opbrengst bij lage waterbehoefte	Zeer interessant, veel ervaring grootschalig,

<i>Sorghum bicolor</i> L. Moench			China, etc.					
Sorghum, Kafferkoren <i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench	Zetmeel in zaad	Eenjarig C4 gras	van drogere tropen tot in gematigde gebieden (Zuid Europa)		rel veel	Stro, "stover"	Hoge opbrengst bij lage waterbehoefte	Interessant, veel ervaring, alternatief voor maïs op drogere condities, nu al gebruikt

Tabel 3. Alternatieve biodiesel gewassen. De gewassen in de geel gekleurde rijen worden in detail besproken in de volgende hoofdstukken

Bekende namen en Latijnse naam	Geoogst plantdeel/grondstof	Groeiwijze	Teelteisen regio	Opbrengstpotentie	Teeltoveraring als energiegewas	Bijproducten	Duurzaamheidsclaim:	Beoordeling
Aardnoot, pinda <i>Arachis hypogaea</i>	Olie uit zaad	Eenjarig gewas	Subtropen en droge tropen	1500 liter olie per ha	Hoogopbrengende rassen voor biodiesel worden ontwikkeld. eetbare olie duur	stro enige waarde als veevoer, huls van de peul	eenjarig gewas, vereist veel grondbewerking	Kwaliteit van de olie van sommige rassen goed, maar prijs te hoog
Babassu palm <i>Orbygnya phalerata</i> (<i>Attalea speciosa</i>)	Olie uit zaad	Meerjarige palm	Tropisch regenwoud	Hoog	Commercieel verzameld uit het wild; als brandstof alleen getest	houtschoor, blad	als verzamelgewas duurzaam; bij commerciële teelt zal regenbos gekapt moeten worden.	Olie lijkt op kokosolie en is dus minder geschikt voor biodieselproductie.
Castor, wonderolie, <i>Ricinus communis</i>	Olie uit zaad	Eenjarig gewas, soms meerjarig	Drogere tropen en subtropen	Redelijk hoog, tot 1500 liter olie per ha	Uitgebreid getest en commercieel in Brazilië en India	Olie belangrijke grondstof chemische industrie; perskoek als brandstof	Belangrijk gewas in droge gebieden waar weinig alternatieven zijn.	Interessant als case; belangrijk in Brazilië en India. Olie op wereldmarkt te duur voor diesel. Stroperig en alleen als bijmenging te gebruiken
Chinese tallow, <i>Sapium sebiferum</i> (<i>Triadica sebifera</i>)	Olie uit vrucht en zaad	Meerjarig Boomgewas	Warm gematigd tot (sub)-tropen	10 ton vruchten met 20% vruchtolie en 20% zaadolie	Uitgebreid getest in China	Kleurstof, hout, biomassa	Uitstekend aangepast aan zoute, moerassige gronden; meerjarig	Vooral van belang in China, export voor biodiesel onwaarschijnlijk
<i>Jatropha curcas</i> L.	Olie uit zaad	Meerjarige strijk / Boom	Drogere gebieden tussen 30 noorder en 30 graden zuid	Tot 2500 liter olie per ha	Beperkt – ontwikkeling is zeer snel	Toxische eiwit cake	Hoge productie onder marginale condities	Is zeer interessant – wordt veel in geïnvesteerd – veel van de beloften moeten nog waargemaakt worden in de praktijk
Jojoba, <i>Simmondsia chinensis</i>	Was uit zaad	Meerjarige strijk	Droge gebieden subtropen	4 ton zaad, 1500 liter olie /ha	Uitgebreid getest en commercieel in VS		Verbouwd in zeer droge gebieden waar veeteelt enige alternatief is	Op beperkte schaal van belang in VS
Kokos <i>Cocos nucifera</i>	Olie uit vruchten	Meerjarige palm	Tropen, commercieel Filippijnen, Pacific	4 ton copra. Tot 2500 liter olie per ha.	Commercieel in Filippijnen, Japan	Vezel, schaal, blad als dakbedekking, etc.	Meerjarig gewas, meestal kleinschalig verbouwd	Olie minder geschikt voor biodiesel tenzij na hydrotreatment. sociaal en ecologisch duurzaam te verbouwen. juveniele fase vaak lang
Koolzaad verwanten <i>Brassica alba</i> , <i>Brassica juncea</i> , <i>Brassica carinata</i> , <i>Crambe</i> sp.	Olie uit zaad	Eenjarig gewas	Gematigd tot tropisch	Potentieel als bij koolzaad	Teelt als koolzaad, India, China	Perskoek en stro	Als koolzaad	Lokaal potentieel alternatief voor koolzaad

Macauba palm <i>Acrocomia aculeata</i>	Olie uit vruchten	Meerjarige palm	Tropen	Zeer hoog, maar langer juveniele fase	Wordt commercieel verzameld	Vezel van vruchttros, blad als dakbedekking	Verzamelen is duurzaam beheer, commerciële aanplant gaat koste van huidige vegetatie	Juveniele fase te lang voor commerciële aanplant. Bij verzamelen FFA gehalte te hoog
Saffloer, safflower <i>Carthamus tinctorius</i>	Olie uit zaad	Eenjarig gewas	Droge subtropen, tropisch hoogland en warme gematigde streken	500 a 1000 liter olie / ha onder irrigatie	Geteeld o.a. in Turkije, veel ervaring als spijsolie	Perskoek en stro	Goed gewas voor zeer droge gebieden.	Interessant gewas voor droge gebieden. rassen rijk aan oliezuur beschikbaar

5 Bioethanolgewassen

5.1 Suikerpalm

5.1.1 Samenvatting

Nederlandse naam: Suikerpalm.

Andere namen: Sugar palm, areng palm, black sugar palm, black-fibre palm, (En). Palmier à sucre, palmier areng (Fr). Zuckerpalme (Du). Aren, enau, kawung (Indonesië).

Latijnse naam: *Arenga pinnata* (Wurmb) Merrill

Familie: Palmae – Arecaceae

Suikerpalm groeit in de vochtige gebieden rond de evenaar met name in Zo Azië. Het is een grote palm met een enkele, tot 20 m lange stam en een kroon van 15 tot 20 enorme bladeren. Belangrijkste producten zijn (blad)vezel en het sap getapt uit de bloeiwijzen, waaruit palmwijn of suiker wordt gemaakt. Ook de stam van de palm bevat zetmeel, dat geoogst kan worden. Het gewas wordt nog niet op grote commerciële schaal verbouwd zoals nodig is voor de productie van bioethanol als brandstof. Wel zijn er plannen voor een dergelijke productie. Per hectare worden ongeveer 250 palmen geplant. De verzorging in het veld beperkt zich meestal tot een aantal keren wieden, maar soms wordt een bodembedekker aangeplant. Wanneer na 7 a 10 jaar de palm volgroeid is en de eerste bloeiwijze volledig is ontwikkeld, kan begonnen worden met tappen van het palmsap. De bloeiwijze wordt afgesneden en het suikerrijke sap dat uit de stengel stroomt wordt dagelijks verzameld. Dagelijks wordt ook een schijfje van de stengel afgesneden om te zorgen dat het sap goed blijft stromen. Het verzamelde vergist snel tot palmwijn. Voor de winning van suiker moet het sap worden opgevangen in gesteriliseerde containers. Een palm kan ongeveer 3 jaar getapt worden en sterft daarna af.

Goede schattingen van de suikeropbrengst ontbreken. Extrapolatie van opbrengstgegevens uit de beperkte metingen zijn mogelijk maar met veel onzekerheid omgeven. Schattingen van de suikeropbrengst onder goede omstandigheden lopen daardoor uiteen van 8,7 ton/ha/jaar tot zelfs 25 ton/ha/jaar over de gehele cyclus van de palm. Dit komt overeen met respectievelijk 4.610 liter en 13.000 liter ethanol per ha per jaar.

Over de economische en energetische haalbaarheid van bioethanolproductie uit suikerpalm is vrijwel niets bekend. Positief is de hoge opbrengst; daar staan tegenover de niet productieve jeugdfase van ongeveer 10 jaar, waardoor het terugverdienen van de investeringen moeilijk is. Ook het zeer arbeidsintensieve karakter van het tappen maakt de productie waarschijnlijk duur. Voor onderhoud en tappen van een aanplant zijn 3–4 arbeiders per hectare nodig – tegenover 1 arbeider per 3 a 10 ha bij oliepalm. Ook het dagelijkse transport van het sap (ongeveer 85% water) naar een bioethanolfabriek is kostbaar.

Uitbreiding van de teelt van suikerpalm voor bioethanolproductie kan mogelijk direct of indirect leiden tot de kap van bos. Daar staat tegenover dat een goed verzorgde aanplant van palmen de bodem ook in de natte tropen uitstekend beschermt. Gebruik van pesticiden lijkt voorsnog niet nodig. De kleinschalige teelt van suikerpalm is uitstekend ingepast in lokale landbouwsystemen, levert een grote verscheidenheid aan producten voor de lokale markt en biedt een stabiel en relatief hoog inkomen aan een groot aantal boeren. Voor een goede beoordeling van de waarde van suikerpalm als bio-ethanolgewas ontbreekt nog veel informatie.

5.1.2 Oorspronggebied en eisen aan klimaat en bodem

Suikerpalm komt van nature voor in vochtige streken van Zuidoost Azië, in een gebied dat zich uitstrekt van India, Indonesië (van Java en Sumatra tot Iryan Jaya) en Maleisië tot de Filippijnen en Papua Nieuw Guinea, van Myanmar en Thailand tot Vietnam en in het uiterste noorden tot de Ryukyu archipel. Hij komt voor in zowel primair als secundair bos en vaak in de nabijheid van dorpen. Aangeplant komt hij voor op een aantal plaatsen in de tropen waaronder Indonesië.

Zoals het natuurlijke verspreidingsgebied aangeeft groeit de suikerpalm het best in een warm tropisch klimaat met veel zonlicht en overvloedige regen. Hoewel de groei het best is op vruchtbare gronden, komt hij voor op allerlei gronden van zware klei tot lemig zand en lateriet grond, mits deze niet regelmatig overstromen. Vaak treft men de palm aan op nutriëntarme gronden op hellingen en als onderdeel van secundair bos. Het belang van een hoge temperatuur blijkt uit de langzame groei op grotere hoogte. Op zeeniveau begint de bloei na 5–7 jaar, op 900 m hoogte pas na 12–15 jaar. Hoewel de palm het best groeit nabij de evenaar, komt hij ook voor op hogere breedtegraden (tot op 30° breedte), die gekenmerkt worden door een intensere droge tijd.

5.1.3 Huidige verspreiding en status als energiegewas

Suikerpalm wordt in het oorsprongsgebied vaak aangeplant, hoewel veel palmen ook in het “wild” worden geoogst. Suikerpalm heeft vooral “traditionele” toepassingen en wordt pas recent als energiegewas ontwikkeld. In 2008 kondigde het Eco-Integration project aan om in Indonesië op 1 miljoen ha suikerpalm bos (gecombineerde teelt) bioethanol te gaan produceren. Export van deze bioethanol naar Rotterdam wordt voorzien. Het systeem maakt in essentie gebruik van bestaande seminatuurlijke palm plantages en aangelegde plantages, die op een moderne wijze worden geëxploiteerd voor sapproductie voor conversie naar bioethanol.

Naast plannen voor het opzetten van productie in Indonesië zijn er ook plannen om in Colombia en Tanzania bioethanolproductie met deze palm op te zetten. Grootschalige bioethanolproductie is dus in het stadium van marktintroductie, waarbij productie ook voor de wereldmarkt is voorzien.

5.1.4 Beschrijving van het gewas

Suikerpalm is een grote onvertakte palm met een enkele stam. De wortels zijn tot 10 m diep. De stam kan 20 m hoog worden en tot 65 cm in doorsnee; hij is bedekt met de bases van afgebroken bladeren en lange zwarte vezels. De kroon telt 12–20 bladeren, die tot 10 m lang worden en tot 150 blaadjes tellen. De bloeiwijze is een



Bloeiwijze suikerpalm
– Foto E. Keijsers

grote, tot 2 m lange tros met mannelijke of vrouwelijke bloemen. De vrucht is 5–8 cm lang en bevat 1 hard zwart zaad. De kieming van het zaad is onvoorspelbaar en duurt van 1 maand tot langer dan een jaar, wat het aanleggen van grotere aanplanten moeilijk maakt. Gedurende 3–5 jaar na de kieming vormt de palm een rozet van bladeren, maar nog geen stam. In de daaropvolgende 5–10 jaar vormt de palm een stam met in totaal ongeveer 50 bladeren. De laatste twee bladeren verschijnen tegelijk; daarna wordt de palm generatief en maakt geen nieuwe bladeren meer. In de oksels van de bovenste bladeren worden van boven naar beneden 4–8 vrouwelijke bloeiwijzen en tenslotte 7–15 meestal mannelijke bloeiwijzen gevormd.

De stam fungeert als een opslagorgaan voor zetmeel, dat bij het begin van de bloei wordt omgezet in suikers voor de productie van zaad – of palmsap dat geoogst wordt.

Bestuiving van de bloemen gebeurt door bijen. De vrouwelijke bloeiwijzen dragen duizenden bloemen die in 12 maanden uitgroeien tot rijpe vruchten. Een niet-getapte palm kan wel tot 250.000 vruchten en zaden vormen. Ongeveer twee jaar na de vorming van de eerste bloeiwijze, als de vruchten in de bloeiwijzen nabij de top zijn afgerijpt, sterft de palm. Door een zorgvuldig uitgekiend tapschema kan de productieve levensduur van de palm met een aantal jaren worden verlengd. Om de palm in leven te houden moet een aantal vrouwelijke bloeiwijzen aanwezig blijven en niet worden weggesneden ten behoeve van het tappen.. De kunst van het tappen is dit aantal zo klein mogelijk te houden en tegelijk een heel lange tapperiode mogelijk te maken.

5.1.5 *Teelt*

Vermeerdering en planten

Bij kleinschalige productie worden meestal een paar zaden gezaaid op de plaats waar men een nieuwe palm wil hebben. Ook worden soms zaailingen verzameld en overgeplant. In een kwekerij moet meer zorg aan de zaden worden besteed, omdat een gelijktijdige kieming daar belangrijk is. Gave rijpe vruchten of zaden worden verzameld van onder de meest productieve palmen. Om de opname van water te bevorderen en een gelijkmatige kieming te krijgen wordt de zaadwand open gekrast. Vervolgens worden de zaden een dag in water gelegd en uitgelegd in een vochtig kiembed. Als de luchtvochtigheid hoog is, is na ongeveer 3 weken 75% van de zaden gekiemd. De gekiemde zaden worden overgeplant in plastic zakken. De zaailingen groeien het best bij vol zonlicht. Als de plantjes 2 bladen hebben zijn ze geschikt om uit te planten op de definitieve plaats. In een plantage worden de palmen uitgeplant in een plantdichtheid van ongeveer 250 palmen per hectare. Onder intensief management wordt een bodembedekker aangeplant en soms ook een aantal schaduwbomen en windhagen.

Verzorging van de aanplant

De verzorging van de aanplant blijft in de regel beperkt tot af en toe wieden. Bemesting wordt zelden gegeven al zijn de hoeveelheden voedingsstoffen die met het sap worden verwijderd aanzienlijk. Een studie uit 1933 vond dat met het sap per jaar ongeveer 30 kg/ha stikstof, 1 kg/ha fosfaat en 87 kg/ha kali wordt verwijderd.

Ziekten en plagen

Ernstige ziekten en plagen komen niet voor op suikerpalm en chemische bestrijding ervan is bij de huidige kleinschalige teelt niet nodig. Er zijn in het verleden wel eens aantastingen geweest door sprinkhanen en rupsen, maar dit heeft niet geleid tot regelmatig terugkerende plagen. Alleen neushoornkevers tasten soms het groeipunt van de palm aan, zoals zij dit ook doen bij kokospalm en oliepalm. Dit kan leiden tot de dood van de palm, maar schade is beperkt en bestrijding is niet alleen vrijwel onmogelijk, maar zou ook de lokale ecologie zo verstoren dat het

eindresultaat negatief zou zijn. Naar verwachting zullen bij grootschalige plantages ziekten en plagen belangrijker worden.

Oogst

Bij het tappen van bloeiwijzen voor het suikerrijke sap wordt de steel van de bloeiwijze vrij gemaakt van schutbladen en vezels, daarna geklopt met een houten hamer en in verschillende richtingen rondgezwaid. Zowel mannelijke als vrouwelijke bloeiwijzen kunnen worden getapt maar bij mannelijke bloeiwijzen resulteert dat minder vaak in een langdurige sapstroom. Hoewel het principe van de behandeling overal hetzelfde is, zijn er duidelijke regionale verschillen in aanpak en tap frequentie.

Het juiste tijdstip om het tappen te beginnen wordt bepaald door een paar takjes van de bloeiwijze door te snijden. Als deze meer dan een dag blijven bloeden, kan het tappen beginnen. Dit tijdstip valt kort voordat de bloemen zouden openen. Met een kapmes wordt de steel van de bloeiwijze met één slag doorgeslagen om een gladde doorsnede te krijgen. Om ‘toddy’ (gegist sap) te verzamelen wordt een bamboe vat onder de steel bevestigd. Dit vat wordt geïnoculeerd met oude ‘toddy’ en met de gist die zorgt voor de productie van bioethanol. Als getapt wordt voor suikerproductie, wordt het vat dagelijks gereinigd om vergisting tegen te gaan. Om de sapstroom te laten doorgaan wordt regelmatig een stukje van de steel afgesneden. De lengte van de steel bepaalt zo mede de lengte van de periode dat een bloeiwijze getapt kan worden. Als een dik laagje wordt weggesneden, kan tot 60 liter sap per dag worden geproduceerd, maar dit leidt tevens tot een verzwakking en vroegtijdig sterven van de palm.

Lang niet alle planten produceren een goede sapstroom. In aanplanten is dit ongeveer de helft. De andere helft kan geoogst worden voor zetmeel.

Wanneer de palm wordt geoogst voor zetmeel wordt een zelfde procedure gevolgd als bij de sago palm. De stam wordt omgehakt vlak voor de eerste bloei en in de lengte in tweeën gehakt. Dit is een moeizaam proces, omdat de houten cilinder erg hard is. De zachte kern wordt eruit gehakt. Deze wordt fijn gemaakt en gewassen tot er een helder wit poeder wordt verkregen.

5.1.6 Opbrengst en verwerking tot biobrandstof

Er bestaan zeer hoge opbrengstclaims voor suikerpalm “tot 6x zoveel als suikerriet”. Goede schattingen van de opbrengst en opbrengstpotentie van suikerpalm zijn echter moeilijk te maken omdat goede opbrengstdata over de gehele levenscyclus van een plantage niet beschikbaar zijn.

Meestal wordt de opbrengst van een individuele palmen gerapporteerd, die niet zonder meer naar een opbrengst per hectare kan worden geëxtrapoleerd. Ook extrapolatie van opbrengst per dag naar opbrengst per jaar is moeilijk. Betrouwbare gegevens van grotere uniforme aanplanten ontbreken.

Op basis van beschikbare data kunnen we wel tot wat schattingen komen van mogelijke producties per ha:

We gaan uit van een moderne plantage met 200 palmen per ha die na 9 jaren jeugdfase 3 jaren productief is. Een productieve palm is per jaar 4 maanden productief waarbij per dag 12 liter met 12% sucrose wordt geproduceerd. Per dag is dat $12 * 0,12 = 1,44$ kg suiker per palm. Als de palm 4 maanden per jaar gedurende 3 jaar productief is levert dat $3 * 120 * 1,44 = 520$ kg suiker op. De totale opbrengst van de plantage is dan 520 kg suiker x 200 palmen = 104 ton suiker. Dit komt neer op een piekproductie gedurende de generatieve fase van de plantage van 34 ton suiker per ha per jaar. Na 3 jaar tappen sterft de palm. Over 12 jaar is dat 8.66 ton suiker gemiddeld per jaar waaruit 4610 liter bioethanol per jaar te produceren is. Dit is vergelijkbaar met goede bioethanolopbrengsten van suikerriet. Indien de jeugdfase bijvoorbeeld verkort kan worden (door veredeling) zou de productiviteit wellicht wat verhoogd kunnen worden.

Metingen in de praktijk laten zien dat in Noord Sulawesi in dorpsaanplanten onder goede omstandigheden zo'n 70 kg suiker per hectare per dag wordt geoogst in plantages met palmen van verschillende leeftijden. Over het gehele jaar zou dit overeenkomen met 25 ton suiker per ha per jaar wat overeenkomt met 13.300 liter bioethanol. Hoewel dit fysiologisch waarschijnlijk niet onmogelijk is zijn dit wel zeer hoge opbrengsten.

In de praktijk worden in plantages meerdere generaties palmen naast elkaar geteeld. Zo kunnen clusters van palmen van 3, 6 en 9 jaar oud naast elkaar gezet worden waarbij naast de oudste palmen al nieuwe jonge palmen worden neergezet en dus licht beter wordt onderschept door het gewas. 2 palmen zijn dan gemiddeld in de jeugdfase en 1 palm is generatief en dus 4 maanden per jaar te tappen. Op deze wijze is over een langere periode voortdurend 1/3 van de palmen productief en levert dan gedurende vele jaren een constante suikerhoeveelheid van 11 ton suiker per ha per jaar. Dit zou per jaar overeenkomen met zo'n 6.000 liter bioethanol per ha per jaar. Door veredeling, zoals verkorting van de jeugdfase, zou het mogelijk moeten zijn de opbrengst nog verder te doen toenemen.

De bovenstaande extrapolaties laten zien dat suiker palm onder goede omstandigheden zeer productief kan zijn waarbij opbrengsten die hoger zijn dan bij suikerriet mogelijk lijken. Net als met suikerriet zou er ook brandstof in de vorm van stammen van dode palmen beschikbaar kunnen zijn voor destillatie in de fabriek. Het is wel nodig om de productiviteit in de praktijk te bewijzen. Zoals boven aangegeven vergt het tappen veel kennis en ervaring om optimale productie te krijgen.

Het is ook belangrijk te beseffen dat er grote verschillen in opbrengst tussen palmen zijn, onafhankelijk van de manier van tappen. Dit wijst op grote genetische verschillen, maar deze zijn niet systematisch in kaart gebracht. Ook zijn er geen collecties van suikerpalm aanwezig in genenbanken. In Noord Sulawesi worden in meerdere aanplantingen en wilde bestanden de beste individuele palmen geselecteerd voor vermeerdering. Het lijkt mogelijk hierdoor het percentage palmen dat met succes kan worden getapt stijgt van 50% tot 85%.

5.1.7 Traditioneel gebruik

Naast de productie van bioethanol heeft suikerpalm talrijke traditionele toepassingen.

Suikers

Om suiker te maken wordt het verzamelde sap gekookt in open pannen. Olie wordt toegevoegd om overkoken tegen te gaan. Wanneer de vloeistof donker rood wordt en begint hard te worden, wordt de oplossing in vormen gegoten. De suiker is niet goed bewaarbaar door onzuiverheden. Soms wordt kalk of natrium bisulfaat toegevoegd om dit te verbeteren. Het sap wordt ook vers gedronken ("nira") of na vergisting ("toddy"). Ook wordt er azijn van gemaakt. Het belangrijkste product is de ruwe donkerrode palmsuiker, die wordt gebruikt in allerlei gerechten, suikerwaren, softdrinks en conserven. Bioethanol kan worden gedestilleerd uit de wijn.



Palmsuiker – Foto: www.alibaba.com

Vezels

Na het palmsap zijn vezels het belangrijkste product, met name de vezels aan de bases van de bladeren die de stam omgeven. Deze zijn ruw en hard, maar extreem duurzaam zelfs in contact met zeewater en worden gebruikt om scheepstouw van te maken. Daarnaast maakt men van de vezels zeven, matten om palen te beschermen tegen aantasting in de grond of door zeewater, matrassen, kwasten en bezems.

Zoals van alle vederpalmen worden de bladeren gebruikt voor allerlei vlechtwerk en dakbedekking. De 'blaadjes' werden gedroogd en gebruikt als een substituut voor papier.

Als niet wordt getapt, levert de palm nog een aantal producten. Uit de zachte kern van de stam wordt zetmeel gewonnen, zoals uit de sago palm. Het zetmeel wordt gebruikt voor het maken van speciale gerechten.

De stam bestaat naast de zachte kern en de buitenste vezels uit een houten cilinder. Het hout is decoratief en wordt gebruikt voor vloeren, meubels en werktuigonderdelen.

Anders

De rupsen van kevers die in de stam leven worden verzameld en vormen een eiwitrijk voedsel. Palmhart, de jonge, nog niet geopende en witte bladeren, wordt gegeten als groente. De zaden worden verwerkt met suiker tot zoetheid en de bloemen zijn een belangrijke bron van honing.

5.1.8 Economie

Over de economie van suiker en bioethanolproductie uit suikerpalm is weinig bekend. Wel kan er iets gezegd worden over de belangrijke factoren.

Eerst is er de lange jeugdfase van suikerpalm die wel 10 jaar kan bedragen voordat er geoogst kan worden. Dit maakt dat de terugverdientijd van een nieuwe plantage lang zal zijn. Bij schaarste aan kapitaal en hoge rentes is dat een probleem. Het integreren van bioethanolproductie in bestaande aanplanten en het verlagen van de jeugdfase zijn mogelijke oplossingen. Natuurlijke bestanden zijn op een paar plaatsen waarschijnlijk uniform genoeg om kleinschalige commerciële bioethanolproductie mogelijk te maken. De totale potentie is moeilijk te schatten.

De arbeidsbehoefte voor met name het tappen is zeer groot. Naar schatting kan een arbeider 20 palmen per dag tappen. Dat betekent dat er 3 a 4 arbeiders per ha nodig zijn op de plantage. Vergelijk dit met 1 arbeider per 10 ha voor een efficiënte palm olieplantage. Er wordt gewerkt aan methoden om de arbeidsbehoefte van het tappen te reduceren.

Positief is de hoge productiviteit en de (zeer) lage kosten van inputs zoals bestrijdingsmiddelen en bemesting. Verder zijn er bijproducten zoals vezels, hout en andere producten die ook verwaard kunnen worden.

5.1.9 Duurzaamheid

Goede analyses van de duurzaamheid (zoals LCA, broeikasbalansen en energiebalansen) van bioethanolproductie uit suikerpalm zijn niet bekend en er is ook weinig ervaring met productie op grote schaal (plantages). Toch valt er wel iets te zeggen over de mogelijke duurzaamheid van bioethanolproductie met dit gewas:

Gunstig is dat suikerpalm zeer productief kan zijn. Producties van 4.000 a 5.000 liter bioethanol per ha lijken zeker realiseerbaar op basis van beschikbare gegevens. Indien productie van 12.000 tot 14.000 liter bioethanol per ha mogelijk zijn zou dat 2 a 3 x efficiënter land gebruiken dan suikerriet op dit moment.

Wanneer suikerpalm wordt aangeplant in plantages voor grootschalige bioethanolproductie zal het beslag leggen om ruimte in de natte tropen (net als oliepalm) waar ook de belangrijkste oerwouden zijn. Hoewel er veel mogelijkheden bestaan om deze plantages op marginale gronden te vestigen, bestaat hier de mogelijkheid dat er direct of indirect regenwouden verloren gaan. Het stellen van duurzaamheidseisen die ook indirecte landgebruiksveranderingen meenemen is dus essentieel. De huidige initiatieven die aansluiten bij bestaande aanplanten of opgezet worden op gedegradeerd land lijken minder bezwaren te hebben.

Suikerpalm is ook een voedselgewas. Bioethanolproductie kan dus gezien worden als competitie om voedsel of om het land voor voedsel.

De mogelijkheid om ook andere producten te leveren zoals zetmeel, touw, blad en vruchten kan de footprint van bioethanol verkleinen. Verder kan hout als brandstof dienen van een bioethanolfabriek. Dit is gunstig voor de energie- en broeikasbalans.

Suikerpalm komt alleen voor in de natte tropen, waar regenval zelden een beperkende factor is. Er is te weinig informatie over de behoefte aan nutriënten en bemesting. Als alleen het sap wordt afgevoerd, zal de behoefte relatief laag zijn.

Teelt onder marginale condities lijkt mogelijk met name op steile gronden en mogelijk op gedegradeerde gronden.

Sociale duurzaamheid

Economisch is suikerpalm belangrijk voor de lokale bevolking. De teelt van suikerpalm is arbeidsintensief, maar levert een goed en stabiel inkomen gedurende het hele jaar. Bijproducten (vruchten, dakbedekking, materiaal voor vlechtwerk, hout, zetmeel) kunnen in belangrijke mate bijdragen aan het inkomen. Daar staat tegenover dat de niet-productieve jeugdfase lang is, waardoor het terugverdienen van investeringen moeilijk is.

Suikerpalm lijkt productief wat een van de belangrijkste factoren is voor een succesvol energiegewas. Een beperkte lokale vraag naar palmsuiker heeft tot nu toe grootschalige productie in de weg gestaan. Een goede haalbaarheidsstudie, uitgevoerd in een bestaande aanplant, is dringen noodzakelijk.



Suikerpalm – Foto: wikipedia.org

Tropische suikerbiet

5.1.10 Samenvatting

Nederlandse naam: (Tropische) Suikerbiet

Andere namen: Tropical sugar beet (en) ook wel afgekort tot TSB.

Latijnse naam: *Beta vulgaris* L.

Familie: Chenopodiaceae, meer recent ook Amaranthaceae.

De suikerbiet is na suikerriet het belangrijkste suikergewas in de wereld. Het wordt geteeld in de gematigde en drogere streken van de wereld. Suikerbiet heeft een niet al te stenige en kleiige bodem nodig. Het heeft een relatief hoge tolerantie voor zoute en alkalische gronden en is relatief zuinig met water. Suikerbiet wordt geteeld als een eenjarige plant vermeerderd d.m.v. zaad. Het heeft een verdikte penwortel die suiker accumuleert. Onder tropische omstandigheden is de groeicyclus zo'n 6 maanden. Hierdoor is het mogelijk om 2 oogsten per jaar te hebben op een stuk land. Houdt er wel rekening mee dat gewasrotatie van minstens 1 op 3 nodig is om ziekten te voorkomen. Dit leidt wel tot langere transportafstanden tot de fabriek omdat monocultuur dicht bij de fabriek (zoals bij suikerriet) niet mogelijk is.

In de tropen is suikerbiet (nog) een marginaal gewas. Het wordt wel geteeld in hogere gebieden (>1500 m) of onder drogere of zoute omstandigheden waar suikerriet geen opties is. De laatste 10 jaar heeft Syngenta[®] nieuwe variëteiten met een betere ziekteresistentie en verbeterde teeltmethoden ontwikkeld. Deze variëteiten worden nu op de markt geïntroduceerd in India, Zuid Amerika (Colombia en Brazilië) en Afrika (Kenia, Soedan en Zuid Afrika). De eerste tropische suikerbiet projecten in India en in Colombia (in 2009) produceren vooral bioethanol.

De gemiddelde opbrengst van suikerbiet is wereldwijd 46 ton per ha (vers). Voor de nieuwe (Syngenta[®]) variëteiten worden opbrengsten van 60 tot 80 ton per ha (vers) verwacht wat overeenkomt met 9,5 a 14 ton suiker overeenkomend met 5.000 tot 7.500 liter bioethanol. Dit is iets meer dan de huidige bioethanolopbrengsten met suikerriet in Brazilië. LET WEL: Suikerbiet heeft een cyclus van 6 maanden terwijl suikerriet een cyclus van 12 maanden heeft.

Gunstige eigenschappen van tropische suikerbiet zijn de hoge opbrengst per hectare (efficiënt landgebruik). De noodzaak van vruchtwisseling kan bijdragen aan diversificatie van gewassen. De productie van bijproducten (blad en pulp voor veevoer of energie) is beperkt maar kan wel bijdragen om de footprint te verlagen. Suikerbiet heeft een laag (50% lager) waterverbruik per eenheid suiker (of bioethanol) vergeleken met suikerriet. Hier staat tegenover dat de bijproducten moeilijker te gebruiken zijn als brandstof (warmte en elektriciteit) voor het bioethanolproductieproces. Suikerbiet is een intensief gewas dat goede kennis en voldoende inputs zoals kunstmest, bestrijdingsmiddelen en goed zaai zaad vereist. Tropische suikerbiet lijkt door de hoge input kosten en eisen aan bodem minder geschikt voor marginale gebieden met uitzondering van gronden die verzout zijn zoals veel gebeurt in irrigatiegebieden. Door de kennis- en kapitaalsintensieve teelt is suikerbiet waarschijnlijk geen optie voor kleine boeren in de tropen. De rol van tropische suikerbiet zal niet zozeer het verdringen van suikerriet zijn, maar het eerder aanvullen. Verwerking van suikerbiet (tot 20% mogelijk) in een suikerrietfabriek kan de campagne verlengen of een suikerriettekort opvangen wat leidt tot betere benutting van de infrastructuur. Verder kan men suikerbiet telen tussen 2 suikerriet cycli monocultuur en dus zo de ziektedruk verminderen. De tropische suikerbiet zal zijn waarde als energiegewas, zonder de huidige intensieve begeleiding en support van de zaadindustrie de komende jaren moeten bewijzen.

5.1.11 Oorspronggebied en eisen aan klimaat en bodem

Wilde vormen van *Beta vulgaris* komen voor langs de kusten van de Middellandse Zee, met uitlopers naar het oosten tot in Indonesië, en westwaarts langs de kusten van de Atlantische Oceaan tot de Canarische Eilanden en zuidelijk Noorwegen. *Beta vulgaris* werd in eerste instantie verbouwd voor het blad in het oostelijk Middellandse Zeegebied en wordt als zodanig ook genoemd in literatuur uit Mesopotamië uit de 9e eeuw voor Christus. Het gebruik van de verdikte wortel is van veel recenter datum. Recepten voor biet dateren uit de 3e eeuw, terwijl de rode biet pas bekend is sinds de 16^e eeuw. Voederbiet was bekend om zijn zoetheid en rond 1750 ontdekte men in Pruisen dat uit bietensap kristalsuiker kon worden gewonnen, waarna in 1801 de eerste suikerfabriek werd gebouwd die bieten verwerkte. Toen door handelsembargo's in de Napoleontische tijd in Europa geen rietsuiker beschikbaar was, werd in korte tijd een suikerindustrie op basis van bieten ontwikkeld. In Nederland werd de teelt van suikerbiet pas echt belangrijk na 1860 toen de teelt van meekrap, een gewas dat de gelijknamige verfstof levert, in korte tijd werd verdrongen door chemische kleurstoffen. De meekrap was in de vruchtwisseling belangrijk, omdat onkruiden daarin langdurig en goed bestreden konden worden. Omdat dat ook bij de suikerbiet het geval is, bleek het een uitstekende vervanger. Naast de gecultiveerde biet en wilde biet komen in Nederland plaatselijk populaties van verwilderde of onkruidbiet voor.

Als gewas is suikerbiet voornamelijk van belang in de gematigde gebieden van Europa, Noord Amerika en Japan. In Zuid Europa en Noord Afrika wordt suikerbiet soms verbouwd in dezelfde gebieden als suikerriet en is belangrijk omdat hierdoor de actieve periode en de productiviteit van suikerfabrieken wordt vergroot. De aanpassing van suikerbiet aan tropische omstandigheden is een zeer recente ontwikkeling. In 1997 begon Syngenta[®] met het onderzoek naar de mogelijkheden om tropische rassen te ontwikkelen waarbij met name ziekteresistentie werd verbeterd. In 2007 werd voor het eerst op commerciële schaal suikerbiet van nieuwe Syngenta[®] rassen geoogst in tropisch India. Overigens wordt op grotere hoogte in de tropen al langer suikerbiet verbouwd: In Ecuador wordt sinds 1990 ongeveer 500 ha verbouwd met opbrengsten vergelijkbaar met die in Nederland.

Ondanks zijn diepe wortelstelsel leiden perioden van droogte bij suikerbiet tot duidelijke reductie van de wortelopbrengst. Ook natte perioden zijn nadelig. Door de hoge productie en dus hoge biologische activiteit heeft het wortelstelsel veel zuurstof nodig. In natte perioden is er vaak te weinig zuurstof in de grond aanwezig voor een maximale groei. Ook de structuur van de bodem kan de groei negatief beïnvloeden. Het relatief lage waterverbruik is een van de voordelen van het gewas onder tropische condities. Het gewas is relatief zouttolerant wat door veredeling of genetische modificatie nog verder kan worden verhoogd.

Bij suikerbietrassen die in Nederland worden geteeld is de optimale temperatuur voor de groei van de plant 17–24°C, voor de suikerproductie echter ongeveer 17°C. Bij rassen die zijn aangepast aan tropische groeiomstandigheden liggen deze temperaturen hoger.

5.1.12 Huidige verspreiding en status als energiegewas

De wereldproductie van suikerbiet benadert de 250 miljoen ton per jaar, de suikerproductie hieruit nadert de 60 miljoen ton per jaar. Het is daarmee na suikerriet het belangrijkste suikergewas in de wereld. In de tropen is suikerbiet een marginaal gewas. Wat vooral verklaart kan worden door vatbaarheid voor ziekten en plagen en de beschikbaarheid van suikerriet als alternatief. De veredeling van suikerbiet is lange tijd primair gericht geweest op de verhoging van de suikeropbrengst. Later kwam de nadruk tevens te liggen op het selecteren en inkruisen van resistentie tegen ziekten en plagen.

Recent veredelingsonderzoek van Syngenta® heeft geleid tot rassen die ook geschikt zijn voor de commerciële verbouw van suikerbiet in het tropisch laagland. Het veredelingsprogramma dat heeft geresulteerd in de tropische suikerbiet cultivars Posada, Dorotea en Hi 0064 heeft ongeveer 10 jaar geduurd. Naast ziekteresistentie was de belangrijkste aanpassing het vermogen om de opslag van suiker in de biet ook bij hogere bodemtemperaturen goed te laten verlopen. De zaadproductie van tropische suikerbiet gebeurt buiten de tropen en belemmeringen op dit gebied (koude behoefte en daglengte gevoeligheid) hoefden dus niet te worden overwonnen.

De nieuwe tropische variëteiten worden nu in hoog tempo op de markt geïntroduceerd met name voor bioethanolproductie. Introductie wordt verwacht eerst in India gevolgd door Colombia, Brazilië en in (Zuid)Afrika. Met name in Brazilië is er een grote potentie als aanvulling op suikerriet. Hierbij wordt gedacht aan teelt van suikerbiet na suikerriet om de cyclus te breken of om een tekort aan suikerriet op te vangen door teelt van suikerbiet en zo beter gebruik te maken van kostbare de fabriek en overige infrastructuur.

5.1.13 Beschrijving van het gewas

Robuuste, tweejarige plant met een verdikte penwortel en diep en uitgebreid wortelstelsel. In het eerste jaar vormt hij een bladrozet, in het tweede jaar een grote bloeiwijze (voor suiker wordt de plant in het eerste jaar geoogst). Bladeren in de rozet met lange bladstelen en grote ovale bladschijven. Op de bloeistengel zijn de bladeren tegenoverstaand en veel kleiner. Bloeiwijze is tot 1,5 m lang, met groepjes kleine groene tweeslachtige bloemen. De vrucht is een nootje, meestal met meerdere (3–4) in een kluwen van kurkachtig materiaal. Zaad 1–3 mm in doorsnede.

In het eerste jaar worden 30–40(–60) bladeren en een sterk verdikte penwortel gevormd, waarin reservevoedsel wordt opgeslagen. In de winter na het eerste jaar wordt bloei geïnitieerd en in het tweede jaar bloeit de plant en vormt zaad. Bij de overgang van vegetatieve fase naar generatieve fase spelen zowel temperatuur als daglengte een rol.

De maximale hoeveelheid loof wordt bereikt in Nederland rond begin augustus. Daarna neemt de hoeveelheid blad langzaam af. Doordat het gewas pas laat de bodem bedekt, is de concurrentiekracht tegenover onkruiden klein. Onkruidbestrijding is dan ook een belangrijk onderdeel van de teeltmaatregelen. De toename van het wortelgewicht komt langzamer op gang, maar gaat in een gestaag tempo lange tijd door. Pas in oktober wordt de maximale droge stof opbrengst van de wortel bereikt. Ook na oktober neemt deze hoeveelheid nauwelijks af.



5.1.14 Teelt

Ook onder tropische omstandigheden is suikerbiet een intensieve teelt die veel kennis en inputs vergt maar dan ook een hoge opbrengst levert. Het gewas wordt onder tropische omstandigheden

typisch gezaaid aan het begin van het regenseizoen. Onkruidbestrijding moet zeer intensief gebeuren, met name in het eerste deel van het groeiseizoen. De ontwikkeling van variëteiten die resistent zijn tegen ziekten en de ontwikkeling van gewasbeschermingstrategieën tegen ziekten en plagen is cruciaal geweest voor de adaptatie van suikerbiet aan tropische condities. Bij de teelt van suikerbieten kunnen talloze ziekten optreden, zoals bladziekten, veroorzaakt door *Cercospora*, meeldauw, of wortelziekten, bijvoorbeeld rotting veroorzaakt door *Rhizoctonia solani* en rhizomanie, een virusziekte. Ook kan er schade ontstaan door aaltjes en insectenlarven, zoals ritnaalden en het bietenkevertje (*Atomaria linearis*) eten van de bietenplanten. Vruchtwisseling is de belangrijkste maatregel ter voorkoming van ziekten.

In gematigde streken wordt meestal chemische onkruidbestrijding toegepast, het is daarbij nodig 3 tot 7 bespuitingen per jaar toe passen. De grote producenten van zaaizaad van suikerbiet hebben ook genetisch gemodificeerde rassen op de markt gebracht, die resistent zijn tegen het onkruidbestrijdingsmiddel glyphosaat wat een verhoging van de opbrengst van ongeveer 10% oplevert. Naar verwachting zullen ook tropische suikerbiet variëteiten met deze eigenschappen beschikbaar kunnen komen.

Bij de bemesting van suikerbiet speelt stikstof een cruciale rol. De biet heeft voor de groei van met name het blad grote hoeveelheden N nodig. Bij de vorming en vulling van de biet speelt N echter nauwelijks een rol en een te grote beschikbaarheid van in tijdens de vulling kan zelfs het suikergehalte doen dalen. De verdeling van de N-giften over het groeiseizoen is daarom van groot belang.

5.1.15 Opbrengsten en verwerking tot biobrandstof

De gemiddelde opbrengst van suikerbiet is wereldwijd 46 ton per ha (vers) wat overeenkomt met zo'n 8 ton suiker waaruit zo'n 4000 liter bioethanol geproduceerd kan worden. In Nederland zijn de opbrengsten typisch 64 ton per ha en 11 ton suiker per ha terwijl opbrengsten tot 80 ton per ha (vers) gehaald kunnen worden in de EU.

Voor de nieuwe tropische (Syngenta®) variëteiten worden opbrengsten van 60 tot 80 ton per ha (vers) verwacht wat overeenkomt met 9,5 a 14 ton suiker overeenkomend met 5000 a 7500 liter bioethanol. Dit is iets meer dan de huidige bioethanolopbrengsten met suikerriet in Brazilië. LET WEL: Suikerbiet heeft een cyclus van 6 maanden terwijl suikerriet een cyclus van 12 maanden heeft. Een voordeel van suikerriet is wel dat de bagasse gebruikt kan worden voor energieproductie in de fabriek terwijl de pulp van suikerbiet hiervoor minder geschikt is.

De verwerking moet binnen 48 uren na oogst plaatsvinden. In gebieden, waar het groeiseizoen niet wordt beperkt door koude, kan men de suikerbiet over een langere periode oogsten en de suiker of bioethanol fabrieken dus efficiënter benutten. In de fabriek worden de bieten gewassen en in reepjes gesneden. De suiker wordt aan de fijngesneden biet onttrokken met warm water. Het zo ontstane ruwsap wordt eerst gezuiverd, men voegt daar onder andere kalk voor toe, dat later als schuimaarde in de

landbouw wordt gebruikt. Daarna dikt men het sap in tot diksap, waarin bij verder indikken de



Tropische Suikerbiet op weg naar verwerking – Foto: Syngenta®

suikerkristallen gevormd worden. Om de vorming van kristallen te stimuleren wordt een beetje poedersuiker toegevoegd. Door centrifugeren scheidt men de kristallen van de overgebleven stroop, die melasse genoemd wordt en apart wordt verkocht, bijvoorbeeld voor de productie van alcohol. De kristalsuiker wordt gedroogd en opgeslagen in silo's. Gedurende de loop van het jaar wordt de suiker verpakt en vervoerd. Het snijdsel waaraan de suiker is onttrokken dient als veevoeder.

De productie van bioethanol uit suikerbiet is op zich een eenvoudig proces waarbij echter wel innovaties plaatsvinden om bijvoorbeeld suikerbieten te extruderen en direct te fermenteren tot bioethanol. Een belangrijke mogelijkheid is de verwerking van suikerbiet in een suikerrietfabriek. Naar verluid kan in een suikerriet verwerkende fabriek met beperkte aanpassingen tot 20% suikerbiet verwerkt worden. Dit maakt gedeeltelijke integratie van suikerbiet in een suikerriet productiesysteem mogelijk wat in bijvoorbeeld Brazilië grote perspectieven biedt.

De gepresenteerde data laten tot nu toe dus zien dat de nieuwe tropische suikerbiet variëteiten meer suiker per hectare produceren dan suikerriet en dat doen in een kortere tijd en met minder water. In een aantal landen in de tropen en met name in India (2008) zijn de eerste projecten voor de commerciële verbouw van tropische suikerbiet reeds met succes begonnen en zijn ook de eerste fabrieken voor de productie van bioethanol uit suikerbiet gebouwd.

5.1.16 Traditioneel gebruik

Zoals boven genoemd worden verschillende vormen van de biet verbouwd als suikergewas, voedergewas, knolgroente, bladgroente en stengelgroente. Suikerbiet wordt vrijwel uitsluitend verbouwd voor de productie van suiker en beperkt ook als bioethanolgewas. Suiker heeft behalve toepassingen als voedsel en in de voedselindustrie, ook belangrijke industriële toepassingen, met name als grondstof in de chemische industrie. Na verwerking blijft pulp over die gebruikt wordt als veevoer. Een alternatief is het gebruik van deze pulp voor biogas en energieproductie voor het bioethanolproductieproces. Ook bietenkoppen en blad kan als veevoer gebruikt worden het loof kan gebruikt worden als veevoer, bijvoorbeeld als kuilvoer.

5.1.17 Economie

Hierover is relatief weinig bekend in het publieke domein. Syngenta[®] meldt productiekosten van \$ 900,- a \$ 1800,- per ha en een saldo dat 35% hoger ligt dan bij suikerriet. Het gewas moet gezien worden als een hoge input maar ook hoge output gewas. De kosten voor zaad, bodembewerking en onkruidbestrijding zijn hoog maar de opbrengsten ook. Verder zal het gewas vaak onder irrigatie geteeld worden.

5.1.18 Duurzaamheid

Goede duurzaamheidsanalyses en LCA's van bioethanolproductie door tropische suikerbiet zijn niet bekend. LCA studies die een vergelijking maken tussen bioethanolproductie uit suikerbiet in gematigde streken en suikerriet in Brazilië vallen altijd veel gunstiger uit voor suikerriet, met name wat betreft energiebalans en broeikasbalans. Dit wordt vooral verklaard doordat suikerriet als bijproduct veel bagasse (uitgeperste stengel) produceert dat als brandstof dient voor verwerking en ethanoldestillatie. Suikerbiet produceert veel minder bijproduct die bovendien minder geschikt zijn als brandstof. Verder is suikerriet meerjarig wat inputs scheelt. Naar onze verwachting zal het incorporeren van indirecte landgebruikseffecten in de duurzaamheidscriteria leiden tot een betere

waardering van de hoge productiviteit per ha. Als tropische suikerbiet de hoge productiviteit bij een kort groeiseizoen kan waarmaken in de praktijk kan dit dus gunstig zijn voor de duurzaamheidscore van tropische suikerbiet ten opzichte van suikerriet.

Ondanks het gebrek aan goede data over tropische suikerbiet is het wel mogelijk om meer algemeen de duurzaamheid te beschouwen:

- Tropische suikerbiet lijkt een zeer hoge opbrengst per hectare te hebben wat gunstig is in het licht van de efficiënt landgebruik.
- Tegelijk zal het op redelijk goede gronden geteeld moeten worden die ook voor voedsel geschikt zijn wat weer tot concurrentie met voedselgewassen gezien kan worden.
- De productie van bijproducten is beperkt hoewel loof, koppen en pulp goed in te zetten zijn als veevoer of voor energieproductie doormiddel van biogasproductie.
- Tropische suikerbiet lijkt efficiënt gebruik te kunnen maken van inputs zoals water (50% minder dan suikerriet) en nutriënten, wat samenhangt met de hoge productiviteit. Wel heeft het gewas voor een hoge opbrengst een goede (chemische) bestrijding ziekten en plagen nodig. Goede teeltmethoden zijn noodzakelijk om vervuiling naar water en lucht te vermijden.
- De plant wordt in rotatie geteeld en doorloopt de cyclus van zaai tot oogst in 6 maanden waardoor het efficiënt gebruik maakt van land. Het gewas moet wel in rotatie worden geteeld en kan zo bijdragen aan diversificatie van gewassen in een teeltsysteem.
- Door verdeling van de oogstperiode kan er over een langere periode worden geoogst wat een langere campagne mogelijk maakt en daardoor een efficiëntere en goedkopere verwerking.
- Suikerbiet heeft jaarlijks een intensieve grondbewerking nodig.
- Tropische suikerbiet lijkt door de hoge input kosten en eisen aan bodem minder geschikt voor marginale gebieden met uitzondering van gronden die verzout zijn zoals veel gebeurt onder slechte irrigatie.
- Door de relatieve kennis- en kapitaalsintensieve teelt en de noodzaak van grootschalige verwerking dicht bij de velden is suikerbiet waarschijnlijk niet direct een optie voor kleine boeren in de tropen. De arbeidsvraag in het teeltsysteem zal in tegenstelling tot suikerriet niet snel leiden tot seizoensarbeid. Ook is branden niet nodig zoals vaak bij suikerriet gebeurt, wat leidt tot luchtvervuiling.

5.2 Cassave

5.2.1 Samenvatting

Nederlandse naam: Cassave, tapioca

Andere namen: Cassave, tapioca (Nl). Cassava, Brazilian arrowroot (En). Manioc (Fr). Mandioca (Po). Yuca (Sp).

Latijnse naam: *Manihot esculenta* Crantz.

Familie: Euphorbiaceae

Cassave wordt in de natte tropen als 1 jarig knolgewas geteeld waar het één van de belangrijkste voedselbronnen van koolhydraten is. Het komt oorspronkelijk uit tropisch Amerika en er wordt nu wereldwijd zo'n 210 miljoen ton (vers) per jaar van geproduceerd. De plant geeft de beste opbrengsten op goede niet stenige gronden maar is ook geschikt voor slechte, zure gronden. Met name in Afrika en in Latijns Amerika wordt het vaak als een soort reservegewas geteeld omdat het bij weinig water en bemesting toch een redelijke opbrengst geeft. Het gewas wordt vermeerderd d.m.v. stengelstekken. De meeste cassave variëteiten bevatten bittermakende glycosiden die blauwzuur vormen. Dit moet door bewerking verwijderd worden voor het geconsumeerd kan worden. Er bestaan ook zoete variëteiten die direct te eten zijn. Een nadeel is de lagere resistentie tegen ziekten en plagen. Er wordt veel onderzoek aan cassave gedaan en er bestaan uitgebreide veredelingsprogramma's die o.a. zijn gericht op verhoging van de ziekteresistentie en op productieverhoging.

Als cassave wordt verhandeld, wordt het (plaatselijk) gedroogd tot chips of tot zetmeel verwerkt. Cassave wordt ook veel geëxporteerd naar China en de EU (met name Nederland). Thailand is de grootste exporteur van cassave chips.

In Thailand wordt al langer bioethanol geproduceerd uit cassave (chips) en in China zijn er ook grote initiatieven om uit plaatselijk geproduceerde cassave en uit geïmporteerde cassave bioethanol te produceren. Hoewel potentiële opbrengsten van bijna 100 ton (vers) per ha per jaar mogelijk zijn, is de gemiddelde opbrengst wereldwijd maar 12 ton per ha per jaar. In Thailand is de productiviteit gemiddeld 22 ton per ha ton wat overeenkomst met 3.500 liter bioethanol per ha per jaar. Bij goede management zijn opbrengsten van 40 ton te verwachten wat 6.000 liter bioethanol zou opbrengen, vergelijkbaar met goede bioethanol opbrengsten met suikerriet in Brazilië. Cassave scoort slechter dan suikerriet op het gebied van energie en broeikasbalans. Dit komt omdat suikerriet ook brandstof voor het productieproces produceert (bagasse). Cassave produceert minder bijproducten die eventueel te vergisten zijn tot biogas. De energiebalans en broeikasbalans is slechts marginaal beter dan het fossiele equivalent in de onderzochte praktijkcases. De minimum broeikasbalans verbetering van 35% ten opzichte van fossiel (benzine) is waarschijnlijk wel te halen met cassave als maatregelen genomen worden zoals het gebruik van de bijproducten voor vergisting tot biogas die dan dient als brandstof voor het bioethanol conversie- en destillatieproces. Verder is een hogere productie per ha en efficiënt gebruik van inputs nodig. Het vermogen van het gewas om onder slechte omstandigheden en met lage inputs toch een opbrengst te geven is voordelig voor arme boeren maar kan er ook toe leiden dat de bodem wordt uitgeput indien er met te weinig inputs (bemesting) wordt gewerkt.

Cassave is een belangrijk voedsel gewas dat makkelijk door kleine boeren op marginale gronden geteld kan worden. De opzet van het totale cassave naar bioethanol systeem zal bepalen of het bijdraagt aan het betrekken van kleine boeren bij de geld economie of dat het eerder een bedreiging voor lokale voedselzekerheid is.

5.2.2 Oorspronggebied en eisen aan klimaat

Cassave is inheems in tropisch Amerika, net als alle 100–200 andere soorten in het geslacht *Manihot*. Er zijn wilde populaties van cassave bekend in centraal Brazilië. Men vermoedt dat cassave voor het eerst werd verbouwd in het oostelijk Amazone gebied, waar veel wilde verwanten voorkomen, maar Mexico en Centraal Amerika worden ook genoemd als centra van domesticatie. Het werd zeker al tijdens het 6^e millennium voor Christus verbouwd en waarschijnlijk al veel eerder. Na de ontdekking van Amerika door Columbus, werd cassave door de Portugezen in een aantal landen in Afrika en Azië geïntroduceerd, terwijl Spanjaarden het vanuit Mexico naar de Filippijnen brachten. Het oudste verslag van de verbouw van cassave in Afrika dateert van 1558. In Azië werd de verbouw sterk gestimuleerd na een aantal misoogsten van rijst, bijv. in Indonesië. Cassave wordt nu overal in de tropen verbouwd en is met name belangrijk in Brazilië, DR Kongo, Indonesië, Nigeria en Thailand. Het geslacht *Cassava* telt ongeveer 100 soorten die voornamelijk voorkomen in Latijns Amerika. Een aantal daarvan kan met cassave worden gekruist en wordt gebruikt in de veredeling. De soort *Manihot esculenta* is zeer divers, mede door zijn pantropische verspreiding en doordat het gewas vegetatief vermeerderd wordt.

Cassave wordt verbouwd in alle tropische gebieden. De optimale gemiddelde jaartemperatuur is 27°C; nabij de evenaar wordt het gewas tot 1500 m hoogte verbouwd; dichterbij de keerkringen wordt de duur van het groeiseizoen beperkt door lage temperaturen in de winter. Bij 10°C stopt de groei, bij vorst sterft de plant snel. Door zijn grote ecologische flexibiliteit van cassave worden verbouwd in gebieden met een jaarlijkse neerslag van 500 tot 6000 mm. Het optimum ligt tussen de 1000 en 1500 mm per jaar en zonder duidelijke droge tijd. Tijdens perioden van droogte verliest cassave een groot deel van zijn blad, maar de droogte plant en de wortelgroei herstellen zich. Door zijn droogteresistentie biedt cassave in veel gebieden een belangrijke zekerheid tegen hongersnood. Het gewas groeit het best bij volle zon en er is een lineaire relatie tussen instraling en opbrengst. Cassave stelt weinig eisen aan de bodem en groeit op armere gronden dan de meeste andere gewassen. Voor een goede opbrengst is overigens ook een goede bodemvruchtbaarheid vereist. Goede drainage is ook belangrijk. Gronden met veel stenen zijn niet geschikt omdat daarin de wortelgroei wordt belemmerd. Zoute gronden zijn ook ongeschikt, al zijn er cultivars die redelijk tolerant zijn. Een hoog gehalte aan aluminium in de grond, zoals voorkomt in de meest uitgeloopte gronden in de tropen, wordt relatief goed verdragen.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) in Colombia en IITA (International Institute of Tropical Agriculture) beheren grote genenbanken van cassave en van verwante soorten, in totaal ongeveer 20,000 accessies. In deze genenbanken zijn resistentiegenen gevonden tegen een groot aantal ziekten en plagen en voor de belangrijkste hiervan bestaan programma's om de genen in cassave in te kruisen. Het eerste succes met kruisingen tussen verwante soorten werd behaald in Tanzania waar al in 1938 resistentie tegen cassave mozaïek virus werd ingekruist. De professionele veredeling van cassave begon al vroeg in de 20^e eeuw, maar kreeg een sterke impuls van de instituten IITA en CIAT. De belangrijkste doelstellingen van de veredeling zijn verhoging van de opbrengst en resistentie tegen ziekte en plagen. De meest in het oog springende resultaten zijn bereikt in tropisch Afrika, waar cassave is veranderd van een gewas van verarmde plattelandsbevolking tot een gewas met name voor de voedselvoorziening van de steden. In Zuidoost Azië werd cassave ontwikkeld van een op kleine schaal verbouwd voedselgewas tot een belangrijk industrieel en export gewas. Door systematische veredeling zijn opbrengstverhogingen van meer dan 40% gerealiseerd. Het inkruisen van genen uit verwante soorten heeft in Afrika geleid tot het terugdringen van hongersnood. Het zoeken naar genen die resistentie geven of

bijdragen aan een hoger opbrengstpotentieel gaat nog steeds door. De meest succesvolle rassen in Brazilië, 'Branca Santa Caterina' and 'Engana Ladrao', zijn ontstaan door het herhaaldelijk kruisen van cassave en hybriden tussen cassave en verwante wilde soorten.

5.2.3 *Huidige verspreiding en status als energiegewas*

De huidige wereldproductie van cassave bedraagt ongeveer 220 miljoen ton verse wortel per jaar van 18,5 miljoen ha. Nigeria produceert 46 miljoen ton, Brazilië produceert 27 miljoen ton, Thailand 26 miljoen ton, Indonesië 20 miljoen ton, DR Kongo 15 miljoen ton. Door de export als chips voor veevoer is de productie in Thailand snel gegroeid, van ongeveer 2 miljoen ton in 1964 tot 20 miljoen t in 1984. Van 2006 tot 2008 steeg de productie opnieuw, van 17 miljoen ton tot 26 miljoen ton. West Europa is verreweg de belangrijkste importeur van cassave chips (Tapioca) voor veevoer.

5.2.4 *Beschrijving van het gewas*

Een overblijvende, tot 4 m hoge struik met een wit melksap in alle delen. Het wortelstelsel bestaat uit een dunne penwortel met zijwortels en 5–10 verdikte secundaire wortels, die tot 1 m lang en 15 cm dik kunnen worden. De wortels zijn wit, geel of rood en worden na verloop van tijd houtig. De stengels zijn houtig en meestal weinig vertakt, grijs of bruin en met opvallende bladlittekens. Het blad is handvormig ingesneden en tot 40 cm in doorsnede. De bloeiwijze is een onvertakte tros met mannelijke en vrouwelijke bloemen. De bloemen zijn gelig en klein. De vrucht is een doosvrucht met 6 vleugels, tot 5 cm in doorsnede en met 3 zaden.

Cassave is een knolgewas en wordt verbouwd als 1-jarig gewas. Cassave wordt altijd vermeerderd met stekken. Bij voldoende vocht en warmte beginnen de stekken na 1 week te wortelen en na 10 dagen blad te vormen. Na 2–4 maanden begint een aantal wortels aan de basis van de stek zich te verdikken en zetmeel op te hopen. De grootte van de plant hangt o.a. af van de lengte en de oriëntatie van de stek. Een lange stek geeft grote planten en een bijna horizontaal geplante stek geeft veel stengels. Na verloop van tijd gaat de plant bloeien, waarbij de stengels zich gaan vertakken. Zowel kruisbestuiving als zelfbestuiving komen voor. Twee tot vijf maanden na de bloei rijpt het zaad af.



5.2.5 *Teelt*

Vermeerdering en aanplant:

Cassave wordt altijd vermeerderd door middel van stengelstekken. Vermeerdering door zaad leidt tot zwakke planten. Als stekmateriaal worden stengeldelen gebruikt met een lengte van 20–30 cm

die goed zijn verhout. Gebruik van gezond plantmateriaal en behandeling met insecticiden en fungiciden zijn belangrijk om de verspreiding van ziekten en plagen te beperken. Stekken moeten binnen een paar dagen worden uitgeplant. Stekken worden dieper geplant naarmate de grond droger is. Grondbewerking varieert van bijna geen bewerking in “shifting cultivation” tot ploegen, eggen en het maken van ruggen bij intensieve teelt. Planten op ruggen vergemakkelijkt de oogst en bevordert de drainage. Er worden 10.000 tot 20.000 stekken per ha geplant in monocultuur, bij gemengde teelt is dit aantal lager. Voor eigen gebruik wordt meestal in mengteelt met andere voedselgewassen verbouwd. Het planten gebeurt aan het begin van de regentijd. Het gebeurt meestal met de hand, maar gemechaniseerd planten is mogelijk.

Verzorging:

Onkruidbestrijding is noodzakelijk en gedurende 2–3 maanden moet elke 3–4 weken worden gewied. Met de hand of mechanisch wieden gebeurt nog algemeen, maar het gebruik van herbiciden neemt toe met name bij grootschalige productie.

Ook al produceert cassave beter dan de meeste andere gewassen op arme gronden, toch is het gebruikt van kunstmest noodzakelijk om hoge opbrengsten te kunnen halen. Voor veel kleine boeren is de prijs voor de cassave echter te onzeker om te investeren in kunstmest. Cassave reageert over het algemeen positief op natuurlijke mest.

Ziekten en plagen:

In Afrika wordt cassave aangetast door een aantal verwoestende ziekten en plagen. De belangrijkste is cassave mozaïek virus. Door veredeling is deze ziekte sterk teruggedrongen, eerst in Oost Afrika en nu ook in West Afrika, elders was de ziekte minder belangrijk. Ook bij de biologische bestrijding van insecten zijn grote vorderingen geboekt, met name door het introduceren van natuurlijke vijanden uit het oorsprongsgebied.

Oogst:

Cassave is van nature meerjarig en de knollen kunnen gedurende langere tijd in de grond bewaard worden, al wordt de knol hierdoor houtiger en minder geschikt voor consumptie. Voor industriële verwerking kan de oogst en verwerking hierdoor over langere perioden gespreid worden en gebeurt meestal 12–18 maanden na het planten. Bij de oogst worden het loof en de takken afgesneden, waarna de knollen worden gelicht.

5.2.6 Opbrengsten en verwerking tot biobrandstof

Wereldwijd is de gemiddelde opbrengst van cassave langzaam gestegen tot 12 ton/ha nu (2008). In Afrika is dit nu bijna 10 ton/ha, in Azië bijna 20 ton/ha. Maximale opbrengsten van verse cassave tot 90 ton/ha zijn mogelijk, of 30 ton/ha droge stof. De veel lagere praktijkopbrengst wordt voornamelijk veroorzaakt doordat cassave vaak wordt verbouwd op arme gronden en zonder bemesting. Onder intensief management zijn opbrengsten tot 40 ton/ha goed haalbaar.

Als cassave wordt verbouwd als groente kan per jaar tot 20 ton/ha blad worden geoogst. Blad kan gebruikt worden voor menselijke consumptie of als veevoer.

Bioethanolproductie vindt met name plaats in Thailand en in China hoewel er ook initiatieven bestaan in Afrikaanse landen zoals Nigeria. In Thailand zijn er voor eind 2009 24 bioethanolfabrieken gepland die vooral op cassave draaien



Cassave wortels –
Foto: Wikipedia.org

en 1,9 miljoen m³ bioethanol zullen kunnen produceren.

Het bioethanolproductieproces gaat meestal uit van cassave chips. Verse cassave kan ook maar dat is minder flexibel en vergt een mogelijkere logistiek omdat knollen binnen 2 dagen na oogst verwerkt moeten worden. Per ton verse cassave kan ongeveer 100 tot 200 liter bioethanol geproduceerd worden afhankelijk van het zetmeelgehalte en efficiëntie van het proces.

Het proces van veld tot bioethanol omvat:

- Productie van droge chips uit cassave meestal vlak bij het veld
- Vervoer van chips naar de bioethanolfabriek
- Malen en enzymatische omzetting van zetmeel naar suikers
- Fermentatie
- Destillatie

De bioethanolproductie van cassave zal tussen de 2.000 liter bij een lage productie van 12 ton per ha. Bij verbeterde teelt is een opbrengst van 40 ton per ha realistisch waarbij de bioethanolproductie zo'n 6.000 liter per ha per jaar zal bedragen. Deze laatste opbrengsten zijn vergelijkbaar met goede opbrengsten met suikerriet in Brazilië. Vergeleken met bioethanolproductie uit suikerriet is bioethanol uit cassave in principe minder efficiënt omdat er een aantal extra stappen nodig zijn in het proces zoals drogen van chips en het omzetten van zetmeel in suikers. Verder zijn er minder cassave bijproducten beschikbaar voor energielevering dan bij suikerriet (bagasse) en is de omzetting mogelijk. Door het hoge vochtgehalte is biogasproductie mogelijk.

Dat cassave toch een aantrekkelijkere grondstof dan suikerriet is in sommige landen kan verklaard worden doordat er lokaal al een efficiënte productie van cassave (chips) is, de plaatselijke prijs van suiker relatief hoog is, er land van lage kwaliteit beschikbaar is waarop cassave te produceren is. Een voordeel is ook dat jaarrond productie mogelijk is door gebruik van goed bewaarbare cassave chips. Dit maakt efficiënter gebruik van de fabriek mogelijk.

De extra stappen in het productieproces van cassave naar bioethanol en het gebrek aan bijproducten als brandstoffen voor energielevering aan het conversieproces komt tot uitdrukking in een relatief lage energie- en broeikasbalans. Voor een case studie in China werd een energiebalans gevonden die 32% beter was dan voor benzine. Andere studies rapporteren een broeikasbalans die vergelijkbaar is met die van maïs bioethanol. Dat betekent dat de typische broeikasbalans waarschijnlijk niet 35% beter is dan die van benzine, wat een vereiste is onder die nieuwe EU richtlijn. Maximaal gebruik van energiezuinige subprocessen zoals de omzetting van zetmeel naar suiker bij relatief lage temperatuur, destillatie onder lage druk, beperkt gebruik van kunstmest, en gebruik van andere energiebronnen dan steenkool kan de energie- en broeikasbalans verbeteren.

5.2.7 *Traditioneel gebruik*

Van de verse wortel is 80–90% eetbaar. Per 100 gram eetbaar deel bevat cassave: water 62 g, eiwit 1 g, vet 0,3 g, koolhydraten 35 g, en mineralen 1 g. De energiewaarde (as voedsel) is 600 kJ/100 g. Het eiwitgehalte is niet alleen laag, het eiwit is ook arm aan essentiële zwavelbevattende aminozuren.

Cassavewortels bevatten 16–500 mg/kg bitter smakende glycosiden. Wanneer de cellen in de wortel worden beschadigd ontstaat hieruit het giftige blauwzuur. Dit kan worden verwijderd door de wortels te raspen waarna het blauwzuur verdamppt. Deze voorzorgsmaatregelen zijn over het algemeen goed bekend en ongelukken zijn zeldzaam. Zoete wortels kunnen zonder probleem zelfs rauw worden gegeten. Het blad van cassave is een belangrijke aanvulling van het dieet en

heeft een energiewaarde per 100 g vers gewicht van 380 kJ (96 Cal.) en bevat 72 g water, 7 g eiwit, 1 g vet, 18 g koolhydraten, 4 g vezels, 2 g mineralen. Verder is het rijk aan vitamines.

Na de oogst moeten cassaveknollen binnen een paar dagen worden verwerkt of geconsumeerd om te voorkomen dat blauwkleuring en bacteriële rot optreden. Bewaring van knollen in vochtig zaagsel is mogelijk maar voor de meeste toepassingen te duur. Verwerking tot chips is de meest gebruikte manier om cassave bewaarbaar te maken. De wortels worden in stukjes van 1 cm doorsnede gesneden en gedroogd, meestal op droogvloeren of bamboematten in de zon. In Brazilië en West Afrika wordt cassave ook vaak verwerkt tot cassavemeel.

Van de wereldproductie van cassave wordt 57% gebruikt voor directe menselijke consumptie, 32% voor veevoer en industriële doeleinden (zetmeel, bioethanol) en 10% is afval en verlies. Deze percentages verschillen zeer sterk per land. In Thailand wordt nauwelijks cassave gegeten maar wordt bijna de gehele productie geëxporteerd of verwerkt tot bioethanol. In DR Kongo en Nigeria is consumptie het belangrijkste, in Indonesië wordt ongeveer de helft van de productie direct geconsumeerd. Voor consumptie wordt de cassavewortel geschild, in stukken gesneden en gekookt, gestoomd, geroosterd of gebakken. Soms wordt de wortel eerst gedroogd of gefermenteerd en bij rassen met een hoog glycoside gehalte wordt dit eerst verwijderd.

Belangrijke cassave producten zijn allerlei koekjes en snacks. Industrieel wordt cassave verwerkt tot zetmeel dat wordt gebruikt als grondstof in de chemie en voor de productie van suikers. In China is de verwerking van cassave zetmeel tot ve-tsin (monosodium glutamaat) belangrijk. Het blad van cassave is een belangrijke groente en veevoer.

Als voedsel levert cassave vrijwel puur zetmeel, andere knolgewassen en granen zijn een rijkere bron van eiwit. Het gebruik van cassave als hoofdvoedsel is dan ook vaak een teken van verarming.

5.2.8 *Economie*

Productiekosten van cassave zijn lager dan die voor de meeste andere zetmeelgewassen in de tropen zoals maïs. Dit komt met name omdat arbeidsbehoefte lager is en er weinig inputs (bemesting) gebruikt worden. De verwerking om het op de markt te kunnen brengen (gedroogde chips of meel) is echter relatief arbeidsintensief en dus duurder.

Vers moet cassave na oogst binnen 2 dagen verwerkt worden. Verkooprijzen worden voor cassave worden voor het grootste deel bepaald door de afstand tot de markt. Hierdoor kunnen prijzen lokaal zeer laag zijn. Vanaf 10 \$ per ton vers (30% DS). Cassave chips die verhandeld kunnen worden hebben een wereldmarktprijs die meer richting 100€ per ton ligt (90% DS).

Economische analyse voor bioethanolproductie uit cassave in China (2003) gaf aan dat 70% van de kosten van de bioethanol bestaan uit de kosten voor de cassave grondstof.

5.2.9 *Duurzaamheid*

Cassave is een knolgewas en wordt verbouwd als 1-jarig gewas. Ecologisch zijn deze gewassen minder gunstig vanwege de noodzaak van grondbewerking en het risico op erosie. Daar staat tegenover dat cassave verbouwd kan worden en ook verbouwd wordt op sterk verarmde gronden, waar weinig andere gewassen verbouwd kunnen worden. In de belangrijkste productielanden is cassave meestal een gewas van kleine boeren, die ook de verwerking tot chips verzorgen. In die zin is bioethanolproductie een mogelijkheid om cassave tot een “cashcrop” te maken.

Zoals hierboven al besproken is de productiviteit van cassave potentieel zeer hoog maar zijn de opbrengsten in de praktijk veel lager (12 ton gemiddeld). Dit betekent dat zonder verbetering

van de productiviteit landgebruik hoog is per liter bioethanol. Dit zal bij invoering van een duurzaamheidseis voor indirect landgebruik niet gunstig zijn.

De energie en broeikasbalans van cassave is De energie- en broeikasbalans van cassave bioethanol zijn slechts marginaal beter dan die van benzine. Een broeikasemissie reductie van minimaal 35% wordt niet automatisch gehaald. Verbeteringen van de productiviteit per ha en een efficiënter conversieproces dat gebruik maakt van duurzame energie kan 35% en wellicht ook 50% broeikasreductie wel halen zo is de verwachting.

Het vermogen van het gewas om onder slechte omstandigheden en met lage inputs toch een opbrengst te geven is voordelig voor arme boeren maar kan er ook toe leiden dat de bodem wordt uitgeput indien er met te weinig inputs (bemesting) wordt gewerkt.

Cassave is een belangrijk voedsel gewas dat makkelijk door kleine boeren op marginale gronden geteld kan worden. De opzet van het totale cassave naar bioethanol systeem zal bepalen of het bijdraagt aan het betrekken van kleine boeren bij de geld economie of dat het eerder een bedreiging voor lokale voedselzekerheid is.

5.3 Suiker sorghum (Sweet sorghum)

5.3.1 Samenvatting

Nederlandse naam: Suiker sorghum

Andere namen: Sweet sorghum, sugar sorghum (En). sorgho sucrier (Fr). Zuckerhirse (Du).

Latijnse naam: *Sorghum bicolor* (L.) Moench

Familie: *Gramineae* – *Poaceae* – verwante gewassen: graansorghum, maïs, suikerriet

Sorghum is een gewas dat al heel lang geleden in Noord Afrika is gedomesticeerd en nu vooral als graansorghum globaal tussen 45°NB en 45°ZB verbouwd wordt waar het een plant is voor hete, droge tropen en subtropen, die te droog zijn voor de verbouw van maïs. Graansorghum is het op vier na belangrijkste graangewas op aarde. Sorghum levert behalve graan ook een stengel die suikersap en vezels bevat. Suikersorghum wordt vooral geteeld voor suikersap maar levert meestal ook graan en vezels in de uitgerperste stengel (bagasse).

Productie van kristalsuiker is niet mogelijk uit suikersorghum omdat het de siroop naast sucrose te veel glucose en fructose bevat. Hierdoor heeft het als suikergewas nooit een rol gespeeld. Dit staat een rol als bioethanolgewas echter niet in de weg. Net als suikerriet levert suikersorghum na uitpersen bagasse, die als brandstof dient van het conversie- en destillatieproces.

De laatste jaren is er weer veel belangstelling voor suikersorghum als bioethanolgewas. Commerciële productie van suikersorghum voor bioethanol bestaat al in de VS en in India (Andhra Pradesh) en is o.a. onderzocht en overwogen in China, mediterrane landen (Frankrijk, Italië, Spanje, Griekenland), Oost Europa (Hongarije, Roemenie Bulgarije en Oekraïne) en in Latijns Amerika.

Typische droge stof-opbrengsten (totaal) van suikersorghum liggen tussen de 20 en maximaal 50 ton droge stof. Deze opbrengsten worden gehaald in een relatief kort groeiseizoen (binnen 200 dagen). Hoe langer het groeiseizoen hoe hoger de opbrengst. Een suikersorghum gewas van 29,5 ton droge stof (bovengronds) bestaat uit 7.5 ton suiker, 5 ton graan, 15 ton bagasse en 2 ton blad. Dit levert 4.000 liter bioethanol uit suiker (sap) en 2.300 liter bioethanol uit het graan. Totaal dus 6.300 liter bioethanol per ha over een groeiseizoen. Dit is vergelijkbaar met goede bioethanolopbrengsten van suikerriet in Brazilië. Daarnaast kan de conversie naar bioethanol en destillatie net als bij suikerriet kunnen draaien op de bagasse. Indien dit efficiënt gebeurt, zou er ook elektriciteit aan het net geleverd kunnen worden. Op basis van experimentele oogstgegevens is de bioethanolopbrengst van een efficiënt geteeld suikersorghum gewas tussen de 3.150 liter per ha en maximaal 10.000 liter per ha per groeiseizoen. Vergeleken met suikerriet heeft suikersorghum een aantal voordelen zoals een laag waterverbruik, en goedkope aanplant (met zaad) en mogelijk zelfs een hogere productiviteit. Suikersorghum heeft ook wat nadelen, het is eenjarig wat teelt duurder maakt het heeft een ingewikkelder en mogelijk duurdere logistiek en waarschijnlijk een kortere campagne wat verwerking duurder kan.

Bioethanol geproduceerd in een efficiënt suikersorghum productiesysteem kan zeer waarschijnlijk de minimaal vereiste 35% tot 50% broeikasgasemissiereductie halen die de EU voorschrijft. Dit komt door de efficiënte productie en gebruik van bagasse voor energie. Het verdraagt droogte uitstekend en heeft de potentie om ongeveer 2 maal zoveel bioethanol te produceren vergeleken met suikerriet bij eenzelfde verbruik van water. Hoewel suikersorghum in principe efficiënt met water kan omgaan zal het totale teelt en irrigatiesysteem ook efficiënt moeten zijn. Verder is water in de aanpassingsgebied van suikersorghum vaak schaars en kan dan een claim leggen op het schaars beschikbare water.

5.3.2 Oorspronggebied en eisen aan klimaat en bodem

Sorghum is waarschijnlijk afkomstig uit de Sahel zone in Afrika, maar werd al zeer vroeg verspreid naar Azië, waar het een belangrijk graangewas werd in India en China. Suikersorghum wordt om het suikergehalte in de stengel geteeld maar produceert indien wat later geoogst ook graan. Naast graan- en suiker sorghum bestaat er ook bezemsorghum, die voor de vezels van de zaadpluim geteeld wordt.

In de 16^e eeuw werd sorghum snel verspreid naar Amerika, waar het een belangrijk gewas werd in het zuiden van de Verenigde Staten. Suikersorghum is waarschijnlijk op meerdere plaatsen onafhankelijk van elkaar geselecteerd uit graansorghum en was bekend in alle belangrijke productiegebieden. In de Verenigde Staten was sorghumstroop aanvankelijk een substituut voor suiker voor lokale markten. Tijdens Wereldoorlog II werd het belangrijker, omdat suiker uit import moeilijk te krijgen was. Later zakte de productie bijna volledig weg en bleven slechts een klein aantal traditioneel werkende fabrieken over.

Sorghum wordt globaal tussen 45°NBr en 45°ZBr verbouwd waar het een plant is voor hete, droge tropen en subtropen, die te droog zijn voor de verbouw van maïs. Het is bijzonder aangepast aan droogte dankzij een aantal fysiologische en morfologische eigenschappen, met name een diep en uitgebreid wortelstelsel, een laagje was op de bladeren en het vermogen om bij droogte de groei te stoppen en deze te hervatten wanneer weer water beschikbaar komt. Een goed verdeelde neerslaghoeveelheid van 500–800 mm tijdens het groeiseizoen is meestal voldoende voor rassen met een groeiduur van 4 maanden. Sorghum verdraagt stagnerend water en sommige rassen kunnen verbouwd worden in gebieden met een hoge neerslag. Het gewas is het best aangepast aan gemiddelde temperaturen van 25–31°C, maar verdraagt hogere en lagere temperaturen goed. In de tropen wordt het verbouwd tot 2300 m hoogte. Als de nachttemperatuur lager is dan 12–15°C tijdens de bloei kan de zaadvorming verstoord raken. Sorghum is gevoelig voor vorst, maar verdraagt die beter dan maïs. Lichte nachtvorst tijdens het afrijpen veroorzaakt weinig schade. De bloei van sorghum wordt geïnduceerd door korte daglengtes, maar de variatie is groot en ook daglengte ongevoelige rassen zijn ontwikkeld. Sorghum is een C4 gewas evenals maïs, suikerriet, *Myscanthus* en vele andere tropische grassen en wordt gekarakteriseerd door een efficiënte fotosynthese bij hoge temperaturen en een hoge luchtvochtigheid.

Sorghum is goed aangepast aan zware kleigrond, zoals de zwarte kleigronden in de tropen, maar is ook goed aangepast aan zandige gronden als in de Sahel zone. De hoogste opbrengsten worden verkregen op zavelgronden Sorghum verdraagt zowel matig zure als matig alkalische gronden en is redelijk zout-tolerant.. In de Sahel en in India wordt sorghum soms gezaaid aan het eind van de regentijd en het gewas groeit dan op uitsluitend het water aanwezig in de bodem ('rabi crop', 'culture de décrue').

Over specifieke eisen van suikersorghum is weinig bekend. Suikersorghum wordt in dezelfde gebieden verbouwd als graansorghum en er zijn geen redenen om aan te nemen dat de milieueisen afwijken. Bovendien zijn er talrijke rassen die zijn aangepast aan specifieke plaatselijke omstandigheden.

5.3.3 Huidige verspreiding en status als energiegewas

Sorghum wordt nu verbouwd in tropische, droge en ook in gematigde gebieden op aarde. Graansorghum is het op 4 na belangrijkste graangewas op aarde. Suikersorghum wordt onderzocht als bioethanolgewas in mediterrane landen (Frankrijk, Italië, Spanje, Griekenland) en in Oost Europa (Hongarije, Roemenie Bulgarije en Oekraïne). In de VS wordt suikersorghum al

langer als veevoer geteeld maar is er ook interesse om het als bioethanolgewas te gebruiken net als in China, Zuid Afrika en in veel andere landen. Hoewel de productie van bioethanol met suikersorghum veel hoger kan zijn dan met maïs (het voornaamste bioethanolgewas in de VS) is suikersorghum zeer volumineus en is het slecht bewaarbaar. Dit beperkt de actieradius van een bioethanol fabriek en maakt continue bioethanolproductie moeilijk.

Commerciële productie van suikersorghum voor bioethanol bestaat al in de VS en in India (Andhra Pradesh) en is op andere plaatsen aangekondigd.

Naar verwachting kan suikersorghum een zelfde rol spelen als suikerriet in drogere en in meer gematigde gebieden op aarde. Suikersorghum is momenteel een van de meest veelbelovende bioethanol gewassen, met name voor de zuidelijke en zuidoostelijke gebieden van de EU.

Productie van kristalsuiker is niet mogelijk uit suikersorghum omdat het de siroop naast sucrose te veel glucose en fructose bevat. Hierdoor heeft het als suikergewas nooit een rol gespeeld. Dit staat een rol als bioethanolgewas echter niet in de weg. Net als suikerriet levert suikersorghum na uitpersen bagasse, die als brandstof dient van het conversie- en destillatieproces.

5.3.4 Beschrijving van het gewas

Sorghum is een eenjarig grasachtig gewas met het C_4 fotosynthese fixatie system. Net als suikerriet, maïs en *Miscanthus* maakt deze vorm van CO_2 fixatie een hoge droge stof productie mogelijk bij hoge temperaturen en een relatief laag waterverbruik. Sorghum wordt door zaad vermeerderd. De optimum groei temperatuur ligt tussen de 27 en 32° C. De minimale groeitemperatuur ligt bij 15° C waardoor in een koud voorjaar onkruiden die wel bij lage temperatuur groeien een voordeel hebben. Na een droge periode kan het zijn groei hervatten. Het verdraagt in zekere mate zoute en alkalische gronden en ook slechte drainage. De droogteadaptatie wordt o.a. verklaard door het uitgebreide en wijd vertakte wortelstelsel die het in staat stelt meer bodem te exploiteren. Het kan tot 5 meter hoog worden en kan meerdere stengels per plant vormen. Suikersorghum is een subvariëteit die voor suiker in de stengel geteeld wordt.

Hoewel suikersorghum een gewas geworden was dat slechts op beperkte schaal verbouwd werd, was het toch belangrijk genoeg in de Verenigde Staten, maar ook in China en India, om veredelingsprogramma's te blijven uitvoeren en steeds nieuwe rassen en hybriden te ontwikkelen.

Aanvankelijk was het belangrijkste doel het inkruisen van resistentie tegen ziekten en plagen, waarbij resistentiegenen, gebruikt in de verdeling van graansorghum werden gebruikt. Meer recent is de aandacht vooral gericht op de verhoging van de totale productie, van zowel stroop als bagasse en graan. In China bestaan nu rassen en hybriden waarbij het suikergehalte van de stengel blijft toenemen ook tijdens de vorming van het graan. Deze rassen kunnen voor zowel de stengel als het graan worden geteeld.

Doordat sorghum een zeer oud



Suiker sorghum – Foto: www.biofuelsrevolution.com

gewas is en al vroeg over een zeer groot gebied is verspreid, zijn er duizenden rassen ontstaan, aangepast aan verschillen in gebruik, klimaat en teelt. Bovendien treedt in Afrika regelmatig kruisbestuiving op met wilde en onkruidachtige vormen, waardoor de genetische variabiliteit nog groter wordt. Suikersorghums worden verbouwd in meerdere gebieden, o.a. China, India, Ethiopië en de Verenigde Staten. Waarschijnlijk zijn er op meerdere plaatsen rassen geselecteerd met een hoog suikergehalte in het sap.

De genetische variatie in sorghum is verzameld in een aantal genenbanken. De belangrijkste zijn die van ICRISAT (International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics), Hyderabad, India. Het internationale netwerk van sorghum genenbanken onderhoudt een collectie van meer dan 36.800 accessies.

5.3.5 Teelt

Vermeerdering en planten:

Sorghum wordt meestal vermeerderd door zaad. Een fijn zaadbed geeft de beste resultaten, maar wordt niet altijd gerealiseerd. In de tropen wordt meestal direct na het ploegen met de hand gezaaid, elders wordt machinaal gezaaid. De plantdichtheid is afhankelijk van het planttype en van de hoeveelheid neerslag. Rassen die sterk uitstoelen worden veel wijder geplant dan niet uitstoelende rassen. In gebieden met een lage neerslag streeft men naar ongeveer 20.000 planten/ha, elders plant met op een rij-afstand van 50 cm en 15–25 cm in de rij. Suikersorghum wordt in de Verenigde Staten ook geplant op 1 m tussen de rijen en 10 cm in de rij. Per hectare is 6–12 kg zaad nodig. Suikersorghum werd in de Verenigde Staten soms ook gezaaid op een kweekbed en overgeplant. In Afrika en India wordt sorghum vaak verbouwd samen met andere gewassen in mengteelt systemen. Elders is monocultuur regel.

Management:

Jonge sorghum planten groeien langzaam en zijn gevoelig voor competitie door onkruiden. Wieden met mechanische of chemische onkruidbestrijdingsmiddelen is daarom noodzaak. Als met de hand gezaaid is, wordt wieden en uitdunnen vaak gecombineerd. Bij mechanisch wieden zijn meestal meerdere wiedrondes nodig. Waar te vaak sorghum op hetzelfde veld wordt verbouwd, bestaat het risico van opbouw van parasitaire onkruiden. Berucht is ‘*Striga*’ in Afrika. Sorghum reageert goed op bemesting en kunstmest giften zijn vergelijkbaar met die aan maïs. De behoefte aan nutriënten van suikersorghum is even groot als die van graansorghum, omdat de productie aan droge stof van vergelijkbare grootte is.

Ziekten en plagen:

Veel ziekten in sorghum worden overgebracht met het zaad en kunnen goed bestreden worden door zaadontsmetting. Meeldauw en roest kunnen aanzienlijke schade veroorzaken, maar er zijn rassen met resistentie. In de veredeling van sorghum, ook in die van suikersorghum, heeft resistentie veel aandacht gehad.

Stengelboorders zijn op veel plaatsen de belangrijkste plaag. Chemische bestrijding is mogelijk, maar ook vroeg en per regio binnen een korte periode planten, waardoor opbouw van de plaag wordt voorkomen, is belangrijk. Naast Stengelboorders is er een zeer groot aantal insecten, die schade kunnen veroorzaken en lokaal tot een plaag kunnen uitgroeien.

In suikersorghum komen dezelfde ziekten en plagen voor als in graansorghum en de bestrijding is gelijk.

Oogst:

Graansorghum wordt geoogst als het graan rijp en hard is. Waar de teelt gemechaniseerd is, gebeurt de oogst met een combine, elders vaak nog met een sikkel. Suikersorghum wordt geoogst als het suikergehalte van de stengel maximaal is. Bij de meeste rassen is dit wanneer het zaad nog

zacht is en het transport van koolhydraten van de stengel naar het zaad op gang begint te komen. Waar suikersorghum op kleine schaal wordt verbouwd en verwerkt, worden hele stengels geoogst en naar de fabriek gebracht; waar verwerking op grotere schaal gebeurt, worden de stengels in stukken gedenen, die machinaal verwerkt kunnen worden.

5.3.6 Opbrengsten en verwerking tot biobrandstof

Omdat sorghum in drogere gebieden wordt verbouwd dan maïs, zijn de graanopbrengsten meestal lager. Toch worden hoge opbrengsten gehaald: Argentinië 5,7 t/ha, China 4,9 t/ha. Egypte en Frankrijk beide 5,7 t/ha, Verenigde Staten 4,2 t/ha. Wereldwijd is de opbrengst per hectare echter maar 1,5 ton (graan). Er zijn geen goede statistieken van de opbrengsten van suikersorghum. Opbrengstgegevens moeten dus ontleend worden uit rapportage van experimenten, die vaak een hogere opbrengst geven dan opbrengsten in de praktijk.

Sorghum levert behalve graan ook een stengel die suikersap en vezels bevat. Suikersorghum wordt vooral geteeld voor suikersap maar levert meestal ook graan en vezels in de uitgeperste stengel (Bagasse). Daarnaast zouden ook de bladeren gebruikt kunnen worden.

Typische droge stof opbrengsten (totaal) van suikersorghum liggen tussen de 20 en maximaal 50 ton droge stof. Deze opbrengsten worden gehaald in een relatief kort groeiseizoen (binnen 200 dagen). Hoe langer het groeiseizoen hoe hoger de opbrengst. In tabel x wordt een “typische” verdeling van de droge stof gegeven over de verschillende delen van de plant. Van de 29,5 ton droge stof (bovengronds) is dus maar 7.5 ton suiker en 5 ton graan. Dit zou een opbrengst van 4000 liter bioethanol uit suiker (sap) en 2300 liter bioethanol uit het graan kunnen opleveren. Totaal dus 6300 liter bioethanol per ha over een groeiseizoen. Dit is vergelijkbaar met goede bioethanolopbrengsten van suikerriet in Brazilië.

Daarnaast zou de conversie naar bioethanol en destillatie net als bij suikerriet kunnen draaien op bagasse. Indien dit efficiënt gebeurt zou er ook elektriciteit aan het net geleverd kunnen worden.

Tabel 4. Verdeling van de droge stof over de verschillende delen van de suikersorghum plant.

Part of the crop	Productivity
Grains	5 ton/ha
Bagasse (dry)	15 ton/ha
Sugar	7.5 ton/ha
Leaves	2 ton/ha
Roots	2.5 ton/ha

Ref: European Biomass Industry Association. <http://www.eubia.org>

De bioethanolopbrengst van een efficiënt geteeld suikersorghum gewas kunnen dus tussen de 3.150 liter per ha en maximaal 10.000 liter per ha per groeiseizoen liggen. In de praktijk zullen de opbrengsten voorlopig eerder in de buurt van de 3.000 liter liggen.

De productie van bioethanol zal wat betreft de stengel grotendeels gelijk zijn aan de verwerking van suikerriet. Omzetting van graan zal vergelijkbaar zijn met conversie van maïs tot bioethanol. Dit is een iets minder efficiënt proces omdat er eerst conversie van zetmeel naar suiker nodig is

en looistoffen in het graan kunnen problemen geven bij vergisting. Conversie van het graan naar bioethanol levert ook nog DDGS een product vergelijkbaar met bierbostel wat een eiwitrijk diervoer is.

5.3.7 *Traditioneel gebruik*

Suikersorghum is een voedergewas en het werd wereldwijd ook voor siroopproductie gebruikt. Suikersorghum was in de zuidelijke Verenigde Staten bekend voor de productie van suikerstroop. De productie van suikersorghum voor siroop voor consumptie bereikte een hoogtepunt in de Verenigde Staten in 1946 met 36 miljoen liter siroop voor menselijke consumptie. Toen na Wereld Oorlog II de import van suiker weer op gang kwam, zakte de productie van sorghum siroop bijna volledig in. Pas tijdens de eerste oliecrisis ontstond er weer interesse als bioethanolgewas.

5.3.8 *Economie*

Goede economische data zijn niet voorhanden omdat grootschalige teelt van suikersorghum voor bioethanol niet echt plaatsvindt. Verder zijn kosten en opbrengsten afhankelijk van veel lokale omstandigheden. Voor de EU worden kostenschattingen gegeven van €850,- per ha per seizoen en een arbeidsvraag van 15 uren per ha onder grootschalige teelt.

Een korte vergelijking met het meest efficiënte bioethanolgewas, suikerriet, illustreert de economische perspectieven wellicht beter:

- Suikersorghum heeft een waterverbruik dat maar ½ to ¼ van dat van suikerriet bedraagt.
- Suikersorghum wordt gezaaid terwijl suikerriet wordt vermeerderd uit stengeldelen wat meer kost.
- Daar staat tegenover dat suikerriet meerjarig is dus meerdere oogsten (2 a 6) geeft van een keer planten. Dit bespaart 2 tot 6 keer aanplantkosten.
- Suikersorghum heeft weer een korter groeiseizoen, waardoor teelt in rotatie, of 2 gewassen per jaar mogelijk zou kunnen zijn.
- Suikersorghum is niet geschikt voor productie van kristalsuiker. Dit maakt flexibele productie van bioethanol en suiker in een fabriek niet mogelijk en geeft dus minder flexibiliteit. Verder vereist bioethanolproductie uit graan een apart proces.
- Zowel suikersorghum als suikerriet zijn zeer volumineus wat de transportkosten naar de fabriek duur maakt. Door de monocultuur van suikerriet kan de aanvoerradius van suikerriet waarschijnlijk kleiner en dus goedkoper zijn dan van suikersorghum
- Verwerking van zowel suikersorghum stengel als graan vergt extra faciliteiten in een sorghum suikerfabriek vergeleken bij een suikerriet fabriek.
- De lengte van het oogstseizoen bepaalt hoe efficiënt ene suikerfabriek kan draaien. Hoe meer uren een fabriek per jaar draait hoe lager de kosten van de verweking kunnen zijn. Voor suikerriet ligt de lengte van de campagne tussen 4 en 8 maanden. Voor suikersorghum zou dit veel korter kunnen zijn omdat bewaarbaarheid van de stengel slecht is en tijdstip van oogst nauw. Dit kan verwerkingskosten verhogen. Een goede keuze van rassen met verschillende groeiduur kan dit bezwaar beperken.
- Zowel suikersorghum als suikerriet produceren een overmaat aan bagasse die de conversie en destillatie van (goedkope) energie kan voorzien.

De vergelijking geeft wat sterktes en zwaktes aan van beide gewassen. Het lijkt waarschijnlijk dat ieder gewas echter zijn eigen niche en dus bestaansrecht zal hebben.

5.3.9 *Duurzaamheid*

Suikersorghum is potentieel zeer productief en levert naast hoge suiker of bioethanol opbrengst uit de stengel tot 5 t/ha graan die voor bioethanol of voor voedsel en veevoer gebruikt kan worden.

De uitgeperste stengel kan gebruikt worden als brandstof voor het distillatieproces wat sterk bijdraagt aan een positieve energiebalans en een positieve broeikasbalans. Het is dan ook zeer waarschijnlijk dat suikersorghum bioethanol de minimaal vereiste 35% tot 50% broeikasgasemissiereductie haalt die de EU voorschrijft.

Suikersorghum is goed aangepast aan moeilijke ecologische omstandigheden. Het verdraagt droogte uitstekend en heeft de potentie om ongeveer 2 maal zoveel bioethanol te produceren vergeleken met suikerriet bij eenzelfde verbruik van water.

Hoewel suikersorghum in principe efficiënt met water kan omgaan zal het totale teelt en irrigatiesysteem ook efficiënt moeten zijn. Verder is water in de aanpassingsgebied van suikersorghum vaak schaars en kan dan een claim leggen op het schaars beschikbare water.

Sorghum kan verbouwd worden op de meeste gronden, van zandig tot zware klei. Daarnaast is de tolerantie tegen zoute en alkalische gronden en tegen stagnerend water groter dan van de meeste andere gewassen. Door een uitgebreid wortelstelsel worden nutriënten efficiënt opgenomen.

Tegenover deze positieve eigenschappen staat dat suikersorghum een eenjarig gewas is waarbij jaarlijkse grondbewerking noodzakelijk is. Zoals bij alle graangewassen is voor hoge producties ook zware bemesting noodzakelijk.

Gemechaniseerde teelt is mogelijk met standaard machines. Alleen voor de oogstmachines zijn aanpassingen nodig.

Een nadeel bij de verwerking is dat de stengels slecht bewaarbaar zijn. Snel transport naar de fabriek is daarom essentieel. Het oogstseizoen is kort, maar kan worden verlengd door gebruik van rassen die op verschillende tijdstippen afrijpen. Combineren van suikerriet en suikersorghum levert een langer verwerkingsseizoen wat de verwerkingskosten kan drukken door efficiënter gebruik van de verwerkingsfabriek.

5.4 Nipa Palm

5.4.1 *Samenvatting*

Nederlandse naam: Nipa palm

Andere namen: Nipa palm, attap palm (Nl). Nipa palm, mangrove palm (En). Palmier d'eau, palmier nipa (Fr).

Latijnse naam *Nypa fruticans* Wurmb

Familie: Arecaceae – Palmae

Nipa palm komt voor in tropische mangrovegebieden van Azië, van India tot China en Noord Australië. Nipa palm wordt vermeerderd door zaad. Zaden worden soms gekiemd in een kwekerij. De zaailingen worden uitgeplant, bijvoorbeeld langs kanalen, op een onderlinge afstand van 1,5–2 m. Later wordt uitgedund tot een plantdichtheid van 400 clusters per hectare. In wilde bestanden is de dichtheid vaak veel groter, tot 10.000 palmen per hectare. Aan het gewas wordt meestal weinig zorg besteed. Voor het tappen (van suikersap uit de bloeiwijze) wordt het gebied geschoond en uitgedund. Het tappen begint als een palm (of cluster) ongeveer 5 jaar oud is. De steel van de bloeiwijze wordt gedurende een aantal weken voorbereid en vervolgens wordt de bloeiwijze afgesneden. Het sap dat uit het snijvlak stroomt wordt opgevangen in een container en dagelijks verzameld. Elke bloeiwijze kan 2 tot ruim 3 maanden worden getapt. Per cluster kunnen 1 of enkele bloeiwijzen gelijktijdig getapt worden. Per dag kan zo per palm 1 tot 2,5 l sap worden verzameld.

Goede schattingen van de suikeropbrengst van nipa palmsap zijn schaars. Schattingen van sapopbrengsten variëren van 126.000 l/ha/jaar tot 168.000 l/ha/jaar. Het sap bevat ongeveer 15% suiker; de suikeropbrengst zou dan 20–25 ton/ha/jaar kunnen zijn. Dergelijke extrapolaties geven meestal een te optimistisch beeld en 10–15 t/ha/jaar lijkt realistischer. Dit komt overeen met 5.300–8.000 l bioethanol/ha/jaar.

Naast suiker en palmwijn uit het sap levert nipa palm traditioneel ook ander producten. De bladeren worden gebruikt als dakbedekking en voor allerlei vlechtwerk. De hoofdnerven van de blaadjes worden gebruikt als bezem. Het binnenste van onrijpe zaden wordt vers of gekonfijt gegeten en wordt op grote schaal lokaal verhandeld.

Gegevens over de economie van bioethanolproductie uit nipa palmsap zijn schaars. Bovendien is er weinig ervaring met de teelt van boomgewassen in mangrovemoerassen. De niet-productieve jeugdfase van ongeveer 5 jaar is lang. Bovendien is de oogst zeer arbeidsintensief en het transport van het sap duur. Daar staat tegenover dat er voor de teelt relatief weinig inputs nodig zijn.

Nipa palm groeit in gebieden die ongeschikt zijn voor voedselproductie en alleen door inpoldering geschikt gemaakt kunnen worden. Bij sterke uitbreiding van de teelt voor bioethanolproductie zal concurrentie met andere gewassen beperkt zijn. Daar staat tegenover dat mangrovebossen ecologisch een zeer belangrijke rol spelen als kraamkamers voor veel zeedieren. Niet alleen grootschalige aanplant maar ook grootschalig intensief oogsten van natuurlijke bestanden kan aan de ecologische waarden van de mangrovegebieden afbreuk doen.

Gezien de onzekerheden op landbouwkundig, ecologisch en economisch gebied lijkt het te vroeg voor een definitief oordeel over de waarde van nipa palm als energiegewas.

5.4.2 Oorspronggebied en eisen aan klimaat en bodem

De Nipa palm is een van de oudst bekende palmen. Fossiele vormen uit het eoceen en mioceen gevonden in Europa, Noord Amerika en het Midden Oosten en uit het paleoceen in Brazilië doen vermoeden dat de nipa palm (of nauwe verwanten) 13–63 miljoen jaar geleden een pantropische verspreiding had. Tegenwoordig komt de nipa palm voor van Bangladesh, India en Sri Lanka via Zuidoost Azië tot Hainan, Noord Australië en Papua Nieuw Guinea, en geïntroduceerd in West Afrika, waar hij nu in natuurlijke mangrove vegetaties voorkomt. De grootste natuurlijke bestanden komen voor in Indonesië en Papua Nieuw Guinea. In Zuidoost Azië wordt de Nipa palm ook gecultiveerd.

De nipa palm komt voor in mangrovebossen tussen 10°NBr. en 10°ZBr. in gebieden met een gemiddelde minimum temperatuur van 20°C en een gemiddelde maximum temperatuur van 32–35°C. Een humide of subhumide klimaat met een neerslag van ten minste 100 mm per maand is optimaal.

Als mangrove palm gedijt de Nipa palm alleen in brak water en wordt slechts zelden aangetroffen direct aan de kust. De beste omstandigheden doen zich voor in de uiterwaarden van rivieren nabij de monding waar ze regelmatig door het getijde door brak water worden overstroomd. De gronden in Nipa palm moerassen zijn rijk aan klei, slib en humus en zijn rijk aan minerale voedingsstoffen. In dergelijke moerassen is de Nipa palm vaak de enige boomsoort, soms komt hij voor samen met andere mangrove bomen.



5.4.3 Huidige verspreiding en status als energiegewas

Recent zijn in Indonesië (en naar verluid in Maleisië) plannen gemaakt voor de grootschalige aanplant van Nipa palm voor de productie van alcohol voor biobrandstof. Dergelijke plannen werden eerder gemaakt in de 1920s in Maleisië en de Filippijnen en in de 1980s in Papua Nieuw Guinea. In het laatste geval bleken de hoge kosten van het vele handwerk te hoog om voor een redelijke prijs alcohol te kunnen produceren.

Er bestaan nog geen systematische collecties van de genetische variatie van Nipa palm. Ook selectie van productieve palmen als in een veredelingsproces is nog niet gedaan.

5.4.4 Beschrijving van het gewas

Een grote palm met een kruipende of ondergrondse, tot 45 cm dikke stam, die regelmatig vertakt. Aan de bovenkant draagt de stam littekens van bladeren, aan de onderkant wortels. De enorme, geveerde bladeren staan in groepjes van 3–5 aan het eind van de stam. Ze zijn 4.5–14 m lang en dragen tot 160 blaadjes, de blaadjes zijn 1.2–1.5 m × 6.5–8.5 cm en leerachtig. De bloeiwijze staat tussen de bladeren en is rechtopgaand, tot 2 m lang plus een tot 2.4 m lange bloeisteel. Aan het eind draagt de bloeiwijze een bolvormige tros vrouwelijke bloemen omgeven door talrijke opgaande 'katjes' dicht bezet met mannelijke bloemen. De vruchttros is bolvormig; de vruchten zijn onregelmatige hoekige en enigszins kegelvormig steenvruchten, 10–15 cm × 6–8 cm groot,

bruin tot zwart van buiten en vezelig van binnen. Het zaad is eivormig en kiemt voordat het afvalt.

Na de kieming drukt de zaailing de vrucht los van de vruchttros. De vrucht drijft in het water van het getijdengebied en de zaailing begint te groeien wanneer de vrucht strandt op een geschikte plaats. De jonge zaailing vormt eerst tot 8 bladeren met alleen een bladsteel en 3–6 maanden na de kieming worden de eerste jeugdbladeren gevormd. De jonge stam groeit schuin naar beneden tot hij een diepte van 1 m bereikt. Een jaar na kieming begint de stam zich te vertakken en zo ontstaat een nieuwe cluster of 'kolonie' Nipa palmen. De levensduur van een cluster is geschat op ongeveer 50 jaar. De bloei begint na 3–4 jaar; de vruchten rijpen af na 5–9 maanden. In Papua Nieuw Guinea is het gewicht van een vruchttros 6–30 kg en de omtrek 1.1–1.4 m; hij draagt 90–130 vruchten. Nipa palmen zijn variabel; in de Filippijnen zijn de palmen kleiner dan in Papua Nieuw Guinea en Maleisië.

5.4.5 Teelt

Zowel in de natuur als aangeplant is de vermeerdering is meestal door zaad. In Papua Nieuw Guinea worden zaden geplant in 10–20 cm diepe gaten, gegraven in de oever langs kanalen; in de Filippijnen worden de zaden vaak gekiemd in een kwekerij en later uitgeplant langs kanalen op een onderlinge afstand van 1,5–2 m. Later wordt uitgedund tot ongeveer 400 clusters per ha. De dichtheid van natuurlijke bestanden is veel groter: 2000–5000 palmen/ha in Papua Nieuw Guinea en tot 10.000 palmen/ha in de Filippijnen.

De nipa palm wordt weinig aangetast door ziekten en plagen. Ratten, varkens en apen beschadigen soms de bloeiwijzen. In Maleisië worden snuitkevers soms bestreden door de rubberachtige schubben aan de basis van de bloeiwijzen te verwijderen bij het prepareren van de bloeistengel voor het tappen. Mangrovekrabben kunnen veel schade doen aan zaailingen.

Wanneer een gebied wordt gebruikt om te tappen, wordt er eerst geschoond en uitgedund, om te zorgen voor voldoende licht voor een goede groei, bloei en sap productie. Het oogsten van bladeren voor dakbedekking of vlechtwerk is nadelig voor de productie van sap, maar oude bladeren moeten worden verwijderd voor ze omvallen en bloeiwijzen van andere palmen kunnen beschadigen.

Het tappen van de nipa palm kan beginnen met de tweede bloeiwijze als de plant ongeveer 5 jaar oud is. De steel van de bloeiwijze moet vóór het tappen grondig bewerkt worden. De wijze, frequentie en duur van de behandeling verschillen regionaal. Een recente beschrijving uit Papua Nieuw Guinea geeft aan dat een frequentie van 4 behandelingen per week gedurende 10 weken optimaal is. De behandeling begint met het 12 × buigen van de bloeisteel, daarna wordt er 64 keer met de handen op geslagen en wordt de basis 4 keer geschopt. De behandeling kan beginnen 2–6 maanden na de bloei. Dan wordt de vruchttros afgesneden en wordt een bamboe container aan de steel bevestigd om het uit-druppelende sap op te vangen. Het opgevangen sap wordt dagelijks



Nipa palm staat met wortel of stam onder water - Foto: Wikipedia.org

verzameld en om te zorgen dat de sapstroom blijft doorgaan, moet elke dag een 1–5 mm dik schijfje van de steel worden afgesneden. De tijdsduur dat een steel kan worden getapt hangt af van zijn lengte; In Papua Nieuw Guinea kan een bloeiwijze 100 dagen worden getapt, in Maleisië 340 dagen, in Indonesië 300 dagen en in de Filippijnen 60 dagen. Informatie over het aantal bloeiwijzen per palm dat kan worden getapt is tegenstrijdig. Oude studies geven 2–4 bloeiwijzen per plant, maar recente ervaring in Papua Nieuw Guinea is dat het tappen van 1 bloeiwijze per plant de beste resultaten geeft.

Het verzamelde sap begint direct te vergisten, De vorming van alcohol is na 30 uur voltooid en geeft een alcohol gehalte van 6,2–9,5%. Daarna begint een spontane vergisting tot azijn. Dit laatste gebeurt experimenteel, bijv. in de Filippijnen. Het zuurgehalte is echter maar 2–3%. Verbeterde methoden die o.a. gebruik maakten van zuivere cultures van *Acetobacter* in Papua Nieuw Guinea geven een zuurgehalte van 6–7%.

Het gemak en de snelheid waarmee sucrose in het sap wordt omgezet in fructose en glucose en het snelle begin van de fermentatie zijn nadelen bij de bereiding van suiker. Werken met steriele containers voor de opvang van het sap kan het begin van het fermentatie proces aanzienlijk vertragen. In Papua Nieuw Guinea werd zo een alcohol gehalte van 0,5% gemeten na 17 uur.

Als palmen worden geoogst voor het blad, worden volgroeide bladeren dicht bij de grond afgesneden, waarbij men 2–3 bladeren laat staan.

5.4.6 *Opbrengsten en verwerking tot biobrandstof*

In Papua Nieuw Guinea zijn sapopbrengsten van 1,3 l in 24 uur gemeten, in Maleisië 0.5 l en, Indonesië 2,5 l en in de Filippijnen 1 l. De sap-opbrengst per hectare en per jaar is geschat op 168.000 l in Indonesië, 169.000 l in Papua Nieuw Guinea 140.000 l in Maleisië en 126.000 l in de Filippijnen. De variatie is dus groot, waarschijnlijk niet alleen regionaal, maar ook door verschillen in groeiomstandigheden gedurende het jaar. Bewolkt weer leidt tot een sterkere sapstroom, maar dit zou kunnen leiden tot een lager suikergehalte; een hoog zoutgehalte in de grond verlaagt de opbrengst; in de buurt van knopen in de steel van de bloeiwijze is de sapstroom minder; en ook genetische factoren en de leeftijd zullen een rol spelen. Op basis van de opbrengst=schattingen en bepalingen van het suikergehalte (ongeveer 15%) wordt het opbrengstpotentieel aan suiker van de nipa palm geschat op 20–25 t/ha. Omdat de ervaring leert dat extrapolaties als deze altijd een te optimistisch beeld geven, lijkt een schatting van 10–15 ton/ha realistischer. Dit zou overeenkomen met een bioethanolproductie van 5300 a 8000 liter per hectare per jaar. Dit is nog altijd aanzienlijk hoger dan de 8–9 ton/ha suiker van suikerriet, al wordt ook daarbij experimenteel 20 t/ha gehaald.

5.4.7 *Traditioneel gebruik*

Vers sap van de nipa palm bevat ongeveer 18% droge stof, waarvan 15% sucrose. De bladeren bevatten veel vezels en zijn daardoor zeer geschikt voor vlechtwerk en dakbedekking. Als dakbedekking gaan ze een aantal jaren mee. De bladeren bevatten tot 10% looistoffen. Over de jonge vruchten zijn geen gegevens bekend.

In Zuidoost Azië wordt sinds eeuwen het suikerrijke sap van de nipa palm gewonnen door het tappen van de stengel van de bloeiwijze. Het wordt gebruikt voor het maken van suikerstroop, niet gekristalliseerde suiker ('gulah malacca'), alcohol en azijn. Het licht gefermenteerde sap bekend als 'nera' in Indonesië wordt verkocht en gedronken als palmwijn. In Papua Nieuw Guinea is het tappen van de nipa palm geen traditie.

De grote veervormige bladeren worden gebruikt als dakbedekking en worden ook gevlochten tot

panelen voor dakbedekking. De hoofdnerven worden verwerkt to bezems en de blaadjes worden gevlochten tot mandjes, matten en zonnehoeden. Het binnenste van onrijpe zaden (endosperm) is zoet en geleiachtig en wordt gegeten vers of gekonfijt. Het is populair bijv. in Indonesië, de Filippijnen en Thailand.

Verschillende delen van de palm worden gebruikt als medicijn. Sap van jonge scheuten wordt gebruikt tegen herpes, as van verschillende delen wordt toegepast tegen hoofdpijn en tandpijn.

De productie van palmwijn, suiker, azijn, dakbedekking en vlechtwerk is lokaal van groot belang, maar statistieken ontbreken. Mede omdat een aantal andere palmen voor vergelijkbare doeleinden wordt gebruikt. Ook de productie van het jonge vruchtvlees is van belang en grote hoeveelheden worden verhandeld in Jakarta en Bangkok. Producten van de Nipa palm worden niet internationaal verhandeld.

5.4.8 *Economie*

Over economie van Nipa palm en de economie van bioethanolproductie is weinig data te vinden. Waarschijnlijk is er een zekere analogie met de productiekosten van suikerpalm. Eerst is er een lange jeugdfase 5 jaar voordat er geoogst kan worden. Dit maakt dat de terugverdientijd in plantages lang. Het gebruik van bestaande natuurlijke Nipa voorkomens kan dit probleem deels ondervangen. De jeugdfase kan ook verkort worden met veredeling hoewel er op dit moment voor zover bekend geen veredeling plaatsvindt. De kosten voor inputs zullen laag zijn aangezien de palm in gebieden met goede nutriënten voorziening groeit en er betrekkelijke weinig mineralen worden afgevoerd bij bioethanolproductie.

Het tappen van de palm vergt zeer veel arbeid wat eerder al een obstakel is gebleken voor bioethanolproductie. Positief voor het economische plaatje is het gebruik van land dat verder van weinig (economische) waarde is en de hoge productiviteit en de (zeer) lage kosten van inputs zoals bestrijdingsmiddelen en bemesting. Bijproducten (vezels) kunnen de kosten van bioethanolproductie reduceren.

5.4.9 *Duurzaamheid*

Nipa groeit op plaatsen die eigenlijk niet geschikt zijn voor voedselproductie. Dit kan competitie om voedsel of om landbouwgrond voorkomen.

Tegelijk is het ecosysteem waar Nipa voor geschikt is ook gezien worden als een kwetsbaar en waardevol natuurgebied. Hoewel natuurlijk voorkomende Nipa en aangeplante Nipa wordt gebruikt zal aantasting van het gebied een zorg kunnen zijn.

Gezien het beperkte aanpassingsgebied van Nipa en zal het gewas hooguit een niche kunnen vullen als bioethanalgewas.

6 Biodieselgewassen

6.1 Jatropha

6.1.1 Samenvatting

Nederlandse naam: Jatropha, purgeernoot, schijtnoot

Andere namen: Physic nut (En). piñón (Sp).

Latijnse naam: *Jatropha curcas* L.

Familie: *Euphorbiaceae*

Jatropha is waarschijnlijk het meest besproken energiegewas op het moment. De interesse komt vooral omdat het relatief hoge olieopbrengsten zou kunnen geven onder marginale omstandigheden. Jatropha is vanuit Centraal en Zuid Amerika in de 16^e eeuw door de Portugezen via Kaapverdië over de wereld verspreid en komt nu in bijna alle tropische en subtropische gebieden voor tussen 30 graden noorderbreedte en 30 graden zuiderbreedte van Zuid Afrika tot Noord Mexico. Het gedijt goed onder droge omstandigheden vanaf 300 tot 600 mm neerslag per jaar, maar ook in de natte tropen. Jatropha is een grote struik of kleine boom die tot 5 à 8 m hoog en ongeveer 50 jaar oud kan worden. Traditioneel wordt de plant veel gebruikt als heg om het erf en velden af te schermen en vee buiten te houden. Deze heggen vormen momenteel vaak een startpunt voor productie van Jatropha olie voor biodiesel. Als de plant geteeld wordt als heg of plantages is goed snoeien om maximale zaadproductie te stimuleren van belang.

Jatropha is verwant aan Cassave (Tapioca) en Castor (Ricinus) en produceert net als deze gewassen gifstoffen die resistentie bieden tegen ziekten en plagen en die ook de olie en het eiwitschroot oneetbaar maken voor mens en dier. Zeker in plantages komen er wel ziektes voor. Oogst vindt regelmatig plaats als individuele zaden afrijpen. Opbrengsten nemen de eerste jaren toe en stabiliseren tussen het 4^e en 8^e jaar.

Over de opbrengst van Jatropha lopen de claims ver uiteen van 0,5 tot 12 ton zaden per ha. Onder drogere omstandigheden lijken zaadopbrengsten van 2 à 3 ton droge stof (DS) mogelijk. Terwijl onder goede omstandigheden (900 tot 1.200 mm neerslag) opbrengsten tot 5 ton (DS) mogelijk zijn met een maximum van 7,8 ton zaden. Bij een oliegehalte van 35% zou dit een opbrengst geven van 539 tot 2.720 kg olie per ha. Waarvan 439 tot 2.217 liter olie per ha (75%) extraheerbaar zou zijn. Dit is 50% lager dan oliepalm maar bij geheel andere productieomstandigheden!

Over de duurzaamheid bestaan nog onzekerheden. Jatropha productieketens waarbij efficiënt water en stikstof wordt gebruik, bijproducten voor energieproductie worden gebruikt en geen significante verwijdering van natuurlijke vegetatie nodig is zullen naar verwachting een broeikasgasemissiereductie van 35 a 50% kunnen hebben. Dit wil echter niet zeggen dat Jatropha biodiesel uit huidige (typische) productiesystemen ook deze positieve balans heeft.

Competitie om land zou beperkt moeten zijn als teelt op marginaal land goede opbrengsten geeft. Echter, boeren gebruiken vaak ook marginaal land om voedsel te verbouwen. Indirecte voedselcompetitie is dus niet uit te sluiten.

Om de potentie van Jatropha goed te benutten zijn teeltmethoden en aangepaste variëteiten nodig. Goede onderzoeks- en veredelingsprogramma's verkeren echter nog in het aanvangsstadium.

6.1.2 Oorspronggebied en eisen aan klimaat en bodem

Het oorspronggebied van *Jatropha curcas* ligt in Centraal en Zuid Amerika. Hier komt ook de grootste genetische variatie voor. *Jatropha* heeft een groot verspreidingsgebied, globaal tussen 30°NBr en 30°ZBr. Het gedijt goed onder droge omstandigheden vanaf 300 tot 600 mm neerslag per jaar, maar ook tot aan de natte tropen (> 2000 mm neerslag). De plant heeft vooral een niche in drogere gebieden met een neerslag van 300 tot 1000 mm per jaar en op hoogten onder de 500 à 1000 m boven zeeniveau. Een goede drainage is noodzakelijk, wat problemen kan geven op zware kleigronden. De plant gedijt goed bij 20 tot 28 °C en is niet daglengtegevoelig (bloei is niet gevoelig voor daglengte) De plant kan wel enige koude verdragen maar geen echte vorst. In Zuid Europa zijn pogingen om *Jatropha* te telen tot nu toe niet geslaagd. De plant groeit goed op allerlei soorten bodems, ook op stenige bodems met een laag nutriëntengehalte, hoewel hier geen hoge producties te verwachten zijn. Hoge opbrengsten vergen ook een hoge bemesting met stikstof en fosfaat. Symbiotisch wortelschimmels (*Mycorrhiza*) kunnen opname van fosfaat verbeteren en geven dan ook een opbrengstverhoging.

6.1.3 Huidige verspreiding en status als energiegewas

Jatropha is vanuit Zuid Amerika in de 16^e eeuw door de Portugezen via Kaapverdië over de wereld verspreid en komt nu in bijna alle tropische en subtropische gebieden voor tussen 30 graden noorderbreedte en 30 graden zuiderbreedte van Zuid Afrika tot noord Mexico.

Jatropha is waarschijnlijk het meest besproken alternatieve biodieselgewas op het moment. De interesse komt vooral omdat het relatief hoge olieopbrengsten zou kunnen geven onder marginale omstandigheden. Er is echter veel discussie over de exacte opbrengstpotenties en duurzaamheidsimpacts onder deze marginale condities, omdat goede onderzoeksgegevens ontbreken. Zie Jongschaap et al (2007) voor een uitgebreide analyse en beoordeling van de claims over *Jatropha*.

De olie is giftig en dus niet eetbaar en er staan al wereldwijd veel *Jatropha* heggen als afscheiding die als start dienen voor olieproductie. Verder levert *Jatropha* een olie die na verestering met methanol een relatief goede kwaliteit biodiesel oplevert en grotendeels aan de EU biodiesel norm voldoet. Tegelijk is de plant nog niet echt gedomesticeerd en is er nog relatief weinig van het gewas



Jatropha plantage Brazilië – Foto: H.W. Elbersen

bekend. Er moet nog veel ontwikkeling plaatsvinden voor het zijn potentie als biodiesel gewas echt kan waarmaken. Toch hebben al zeer veel bedrijven zich toegelegd op het aanleggen van plantages. Veel *Jatropha* wordt geoogst van bestaande *Jatropha* aanplanten (heggen). Verder worden er op dit moment op grote schaal plantages opgezet met name in India, Afrika, Indonesië en Brazilië. Er bestaan zeker 100.000 ha recent aangelegde plantages in de wereld (2009) en uitbreiding naar meer dan 1 miljoen ha wordt op korte termijn verwacht.

6.1.4 Beschrijving van het gewas

Jatropha is een grote struik of kleine boom die tot 5 à 8 m hoog en zo'n 50 jaar oud kan worden. De plant heeft een diepe penwortel en oppervlakkige wortels die bij zouden kunnen dragen aan erosiepreventie.

De plant heeft vaalgroene bladeren met een doorsnede van 5 a 15 cm. Bij droogte kan de plant bladeren laten vallen, waarna er weer nieuwe aangroeien als er water is. Gewoonlijk bloeit de plant een maal per jaar in het regenseizoen, maar kan bij voldoende regen ook permanent bloemen vormen. De plant produceert mannelijke en vrouwelijke bloemen. Uit de vrouwelijke bloemen vormt zich vruchten, die gewoonlijk 3 zaden bevatten. De zaden zijn 1 à 3 cm lang en 0.7 a 1.1 cm breed. In plantages zal het gewas tot 2 m hoog zijn en tot 15 jaar oud worden. Op de juiste wijze snoeien is belangrijk voor goede opbrengsten. De samenstelling van de zaden is variabel. Het oliegehalte is gemiddeld meer dan 50% en een eiwitgehalte gemiddeld 26%.

Jatropha is sterk verwant aan Castor (*Ricinus communis*) en produceert net als Castor giftige zaden. "Curcine" en "diterpine" zijn de voornaamste giftige componenten in *Jatropha*. "Curcine" lijkt sterk op ricine het gif in Castor.



Jatropha vruchten Foto: H.W. Elbersen

6.1.5 Teelt

Teeltmethoden zijn nog in ontwikkeling en goede uniforme aanbevelingen zijn er nog niet. *Jatropha* wordt (in het regenseizoen) geplant als zaad (generatief) of als stek (vegetatief). Planten uit stekken vormen geen tapwortel en wortelen dan ook minder diep. De plantdichtheid ligt tussen de 1000 en 2500 planten per hectare. Als heggen worden aangeplant zullen deze typisch bestaan uit 4000 a 6700 planten per kilometer.

Onkruidbestrijding is nodig (meestal handmatig). Het exacte beheer voor optimale productie is nog niet geheel onderzocht, wel is bekend dat goed snoeien essentieel is. Anders is er wel veel groei maar worden er weinig zaden geproduceerd. In de droge of winterperiode worden de planten gesnoeid om voldoende vertakkingen en dus ook bloei en zaden te genereren. Uitdunning tot 400 à 500 planten per ha bij een volwassen aanplant wordt aangeraden. Elke 10 jaar moet de plant volledig worden gesnoeid waarna hij weer uitloopt.

Over bemesting is weinig bekend. Wel is het duidelijk dat bemesting afvoer van nutriënten met de oogst zal moeten compenseren. Deze afvoer bedraagt per ton zaden 14 à 34 kg stikstof, 0,7 à 7 kg fosfaat en 14 à 32 kg kalium.

Door de aanwezigheid van toxische componenten lijkt het gewas tegen veel ziekten en plagen beschermd. Observaties aan *Jatropha plantages* laten echter zien dat er wel degelijk ziekten en plagen voorkomen. Vooral in plantages onder meer natte condities zijn problemen door virussen en schimmel infecties en ook insecten gerapporteerd. Deze leiden ook tot economisch schade.

Oogst vindt plaats als het zaad rijp is, wanneer het verkleurt van groen naar bruin/geel. Afrijping vindt niet uniform plaats. Er moet dus regelmatig handmatig geoogst worden. Opbrengsten nemen de eerste jaren toe en stabiliseren tussen het 4^e en 8^e jaar.

Het zal duidelijk zijn dat nog meer langjarig onderzoek nodig is om de teeltcondities van *Jatropha* te bepalen en te bepalen welke karakteristieken nodig zijn voor hoge en vooral efficiënte opbrengsten. Verder is het nodig om te komen tot selectie van de beste rassen en goede veredelingsprogramma's. Dit laatste verkeert nog in het aanvangsstadium.

6.1.6 Opbrengsten en verwerking tot biobrandstof

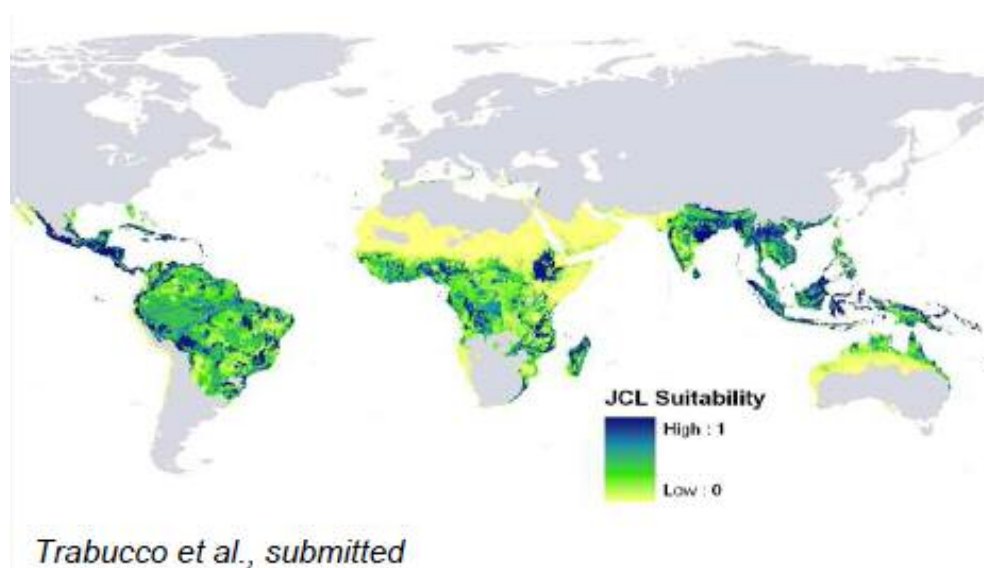
Over de opbrengst van *Jatropha* lopen de claims ver uiteen van 0,5 tot 12 ton zaden per ha. *Jatropha* wordt nog maar kort serieus onderzocht, dus goede gegevens beslaan vaak alleen de eerste jaren van de aanplant, terwijl gegevens over de context vaak ontbreken. Om een goede inschatting te maken van opbrengstpotentie zijn juist ook opbrengstgegevens over de hele levenscyclus nodig. Veel data zijn onduidelijk wat betreft DS, groeicondities, leeftijd van de aanplant en geven geen betrouwbare schatting voor opbrengst per oppervlakte. Vaak zijn de opbrengstgegevens extrapolaties van gegevens van zelfstandige planten of van heggen die echter weinig zeggen over opbrengsten in plantages. De hoogste opbrengsten tot zo'n 2500 liter olie per ha worden gerapporteerd voor goede condities terwijl juist de opbrengsten onder meer marginale condities (droog, slechtere gronden) interessant zijn.

Onder drogere omstandigheden lijken zaadopbrengsten van 2 à 3 ton droge stof (DS) mogelijk. Terwijl onder goede omstandigheden (900 tot 1200 mm neerslag) opbrengsten tot 5 ton (DS) mogelijk zijn. Analyses tot nu toe concluderen dat een maximum opbrengst tot 7,8 ton zaden mogelijk is. Bij een oliegehalte van 35% zou dit een opbrengst geven van 539 tot 2720 kg olie per ha. Waarvan 439 tot 2217 liter olie per ha (75%) extraheerbaar zou zijn. Vergeleken bij oliepalm zijn deze opbrengsten bijna 50% lager. Daarbij moet wel in aanmerking genomen worden dat de eisen die *Jatropha* aan de productieomstandigheden stelt anders zijn dan bij oliepalm. Met andere woorden, *Jatropha* kan produceren waar oliepalm niet kan groeien.

Jatropha zaden kunnen makkelijk bewaard en getransporteerd worden. Dit vergemakkelijkt de kleinschalige productie door kleine boeren. Bij oliepalm is dit veel moeilijker aangezien bij oliepalm de vruchten direct na oogst verwerkt moeten worden in een omvangrijke palmoliefabriek.

Verwerking van het *Jatropha* zaad tot olie en eiwitkoek kan zowel plaatselijk (in Afrika, Azië of Amerika) als na export in Europa plaatsvinden. De efficiëntie van mechanische olie-extractie loopt uiteen van 60% bij primitieve kleinschalige systemen tot >90% bij grootschalige commerciële systemen. De resterende olie kan, bij grootschalige verwerking, via extractie door organische oplosmiddelen (hexaan) gewonnen worden.

Figuur 2. Landgeschiktheid voor Jatropha teelt wereldwijd op basis van lokaal klimaat en bodem eigenschappen (Uit Muys et al., 2008)



Hoewel de samenstelling van Jatropha olie zeer variabel is, is de samenstelling meestal zodanig dat hij kan voldoen aan de huidige (strengere) Europese EN 14214 (2003) biodiesel standaard.

Tabel 5. Typische eigenschappen van Jatropha olie en Jatropha biodiesel vergeleken met de Europese biodiesel standaard.

Parameter	Jatropha olie	Jatropha biodiesel	Europese standaard	Opmerking*
Soortelijke massa (g cm ⁻³ at 20°C)	0,920	0,879	0.860 – 0.900	+
Vlampunt (°C)	240	191	> 101	+
Cetaan no. (ISO 5165)	-	57-62	> 51	+++
Viscositeit (mm ² /s at 40°C)	52	4.20	3.5 - 5 (40°C)	+
Joodnummer.	-	95-106	<120	+
Sulphated ash	-	0.014	<0.02	+
Koolstof residu	-	0.025	<0.3	++

Source: Becker et al. 2003; Gübitz et al., *Bioresource Technology* 67, 73-82, 1999

* : + indicates better performance compared with the European standard fore FAME (diesel).

Naast het zaad kan ook het zaadomhulsel gebruikt worden, meestal als brandstof. De toepassing van bijproducten, perskoek, wordt beperkt door toxiciteit. Ontgiften is een optie om met name veevoertoepassingen mogelijk te maken. Methoden zijn echter nog niet praktisch beschikbaar. Nu wordt de perskoek vooral gebruikt als meststof of het kan ook net als het zaadomhulsel worden ingezet als brandstof.

6.1.7 Traditioneel gebruik

Jatropha wordt overal in de tropen gebruikt als heg om het erf en velden af te schermen en vee buiten te houden. Deze heggen vormen momenteel vaak een startpunt voor productie van Jatropha olie voor biodiesel. Verder kan Jatropha zo een rol hebben in erosiebestrijding.

De plant werd al in de 19^e eeuw door de Portugezen op de Kaapverdise eilanden in plantages geteeld waarbij de olie uit de zaden voor zeeproductie werd gebruikt en het eiwitrijke schroot als meststof werd gebruikt. Dit is nog steeds een veel voorkomende toepassing in landen in Afrika en India. Het schroot is net als de olie giftig. De noot en de latex worden ook voor traditionele medicijnen gebruikt en als insecticiden.

Verder wordt er gewerkt aan ontwikkeling van niet giftige variëteiten, waarbij het schroot makkelijk als eiwitrijk veevoer te gebruiken is. Dit zal wel waarschijnlijk wel meer problemen geven met ziekten en plagen. Schroot kan ook voor biogasproductie worden gebruikt. Verder wordt zijn er mogelijkheden om specifieke fijnchemicaliën uit het schroot te produceren.

6.1.8 *Economie*

Over de economie van *Jatropha* productie is weinig openbaar bekend aangezien commerciële productie (voor energie) pas kort bestaat en opbrengsten over tijd slecht zijn in te schatten. Schattingen van productiekosten van €0,34 tot 0,40 per liter, vergeleken met € 0,40 tot 0,45 per liter voor palmolie of € 0,60 tot 0,65 voor raapolie zijn slechts indicatief aangezien langjarige opbrengsten en veel zaken zoals optimale bemesting niet bekend zijn.

Belangrijke factoren die van invloed zijn op de productiekosten zijn met name de arbeidsbehoefte. Naar schatting vergt de verzorging van het gewas 20 a 70 werkdagen per ha per jaar (afhankelijk van de leeftijd van de plantage). Dat komt erop neer dat 1 arbeider 3,5 a 10 ha per jaar kan verzorgen. Dit komt redelijk overeen met de arbeidsvraag van een efficiënte oliepalmlantage waar 1 arbeider per 10 ha nodig is.

Hoewel *Jatropha* olie productie in hoog tempo groeit zijn data over productie en handel zijn beperkt.

6.1.9 *Duurzaamheid*

Er bestaan veel studies van de duurzaamheid en energie- en broeikasbalans van *Jatropha*. Deze studies gaan vaak uit van geheel verschillende scenario's en moeten vaak uitgaan van geëxtrapoleerde data omdat langjarige gegevens ontbreken.

De energiebalans van *Jatropha* is zeer positief indien de totale biomassa-productie gedeeld door de energie-input wordt beschouwd. *Jatropha* levert dan zeker 6 maal meer energie dan er ingestopt wordt. Indien alleen de olieproductie wordt beschouwd, is de energiebalans nauwelijks positief. Irrigatie en bemesting zijn de belangrijkste inputs bij de teelt. Veel inputs leveren minder energie op dan ze opbrengen (in extra energieopbrengst). Optimalisatie is dus belangrijker dan opbrengstmaximalisatie.

Hoewel beschikbare studies van de broeikasbalans een positieve broeikasbalans van *Jatropha* biodiesel ten opzichte van petrodiesel laten zien, worden sommige belangrijke elementen meestal niet meegenomen zoals N₂O uitstoot en verwijdering van de natuurlijk vegetatie bij aanplant. Broeikasbalans studies zijn dus vaak niet volledig. *Jatropha* productieketens waarbij efficiënt water en stikstof wordt gebruikt, bijproducten voor energieproductie worden gebruikt en geen significante verwijdering van natuurlijke vegetatie nodig is zullen naar verwachting wel een positieve broeikasbalans kunnen hebben in de orde van 35 a 50% beter dan het fossiele alternatief. Dit wil niet zeggen dat *Jatropha* diesel uit huidige (typische) productiesystemen ook deze positieve balans heeft.

Landgebruik en indirecte landgebruikseffecten zullen naar verwachting ook belangrijk worden. Competitie om land zou beperkt moeten zijn als teelt op marginaal land goede opbrengsten geeft. Dit moet nog bewezen worden. Verder moet er rekening mee gehouden worden, dat boeren

vaak ook op marginaal land voedsel verbouwen. Indirecte voedselcompetitie is dus niet uit te sluiten.

In Zuid Afrika en Australië zijn er zorgen dat Jatropha een invasieve soort zou kunnen zijn die lokale flora en fauna bedreigt.

Toxiciteit van Jatropha zou gezondheidsrisico's kunnen hebben. Verder is de toxiciteit van olie en perskoek ook een nadeel omdat afzet als veevoer of voedsel onmogelijk is. Bij lage olieprijzen of voedselschaarste is gebruik als voedsel of veevoer niet mogelijk. Dit leidt tot hogere socio/economische risico's en minder voedselzekerheid.

Jatropha zou een aantrekkelijke cashcrop voor kleine boeren kunnen zijn omdat de schaal van productie gering kan zijn en hoogwaardige inputs en kennis niet nodig lijken te zijn. Verder is na oogst geen directe verwerking nodig zoals bij palmolie en kan deze verwerking ook op kleine schaal plaatsvinden. Investeringskosten lijken dus gering hoewel met een lange terugverdientijd.

6.2 Castor

6.2.1 Samenvatting

Nederlandse naam: Castor, castorplant, wonderolie, wonderolieboom (NL).

Andere namen: castor oil plant (En). Ricin (Fr).

Latijnse naam: *Ricinus communis* L.

Familie: Euphorbiaceae

Castor is afkomstig uit Noordoost Afrika en wordt al duizenden jaren verbouwd als oliegewas. Het wordt nu commercieel aangeplant in alle drogere en subtropische gebieden en ook in gematigde gebieden met een voldoende hete zomer. Castor komt veel voor als verwilderde plant. In de belangrijkste producerende landen (Brazilië, China en India) wordt Castor voornamelijk verbouwd door kleine boeren. Castor wordt veel aangeplant onder relatief droge omstandigheden en op arme gronden, maar voor hoge opbrengsten zijn beter gronden en voldoende inputs en water noodzakelijk.

Jonge Castor planten hebben meer water nodig dan katoen of maïs en twee keer wieden is meestal nodig. Op hellingen is het risico van erosie groot omdat de bodem lang onvolledig bedekt is en de wortels de bovenste lagen slecht vast houden. Kunstmest wordt zelden gegeven; bestrijding van ziekten en plagen is zelden nodig of economisch verantwoord. Omdat bij traditionele rassen de vruchten over een lange periode afrijpen, worden zij meerdere malen met de hand geoogst. Moderne rassen kunnen in 1 keer en machinaal worden geoogst. Na het oogsten worden de vruchten gedorst. Het zaad kan gedurende een aantal jaren worden opgeslagen, maar wordt meestal binnen 6 maanden verwerkt tot olie. De opbrengst van Castor varieert van 500 tot 1.500 liter olie per hectare.

Castorolie is niet eetbaar en wordt traditioneel gebruikt als lampolie en medicinaal. Tegenwoordig is het een belangrijke industriële grondstof voor de productie van hoogwaardige smeermiddelen en nylon. De olie is te stroperig om gebruikt te worden als biodiesel. Castorzaden bevatten een aantal gifstoffen, waardoor de perskoek uitsluitend als brandstof of voor bemesting geschikt is.

Castor kan op duurzame wijze geteeld worden. Het stelt weinig eisen aan de bodem en kan met weinig neerslag zonder irrigatie verbouwd worden. Ook zijn er weinig of geen pesticiden nodig. Voor een maximale productie zal echter een intensiever gebruik van kunstmest en water en mogelijk pesticiden noodzakelijk zijn. Castor leent zich uitstekend voor productie door kleine boeren: onkruidbestrijding en oogst vragen veel handwerk en het oogstproduct is gemakkelijk te bewaren en vervoeren en heeft een hoge waarde.

In Brazilië is Castor een van de gewassen waarop de regering inzet voor biodiesel productie. Sociaal-economische overwegingen spelen hierbij een belangrijke rol. Brazilië is al een zeer belangrijke producent en Castor kan door kleine boeren verbouwd worden in het droge en arme noordoosten van Brazilië. Dit weegt kennelijk op tegen de relatief lage (potentiële) opbrengst en de mindere geschiktheid van Castorolie voor de productie van biodiesel. Volledige LCA analyses van castor zijn niet bekend, maar de netto energieopbrengst van de geanalyseerde systemen lijkt beperkt en de broeikasgasemissie te hoog. Een broeikasgasefficiëntie van 35% tot 50% is dan ook zeker niet vanzelfsprekend voor Castor biodiesel. Castorolie is een waardevolle chemische grondstof en daarom op de wereldmarkt veel duurder dan andere oliën zoals soja- of palmolie, wat het nog minder aantrekkelijk maakt als biodieselgrondstof. Samenvattend lijkt het voorlopig niet logisch dat Castorolie een belangrijke bron van biodiesel zal worden op de internationale markt.

6.2.2 Oorspronggebied en eisen aan klimaat en bodem

De Castorplant komt oorspronkelijk waarschijnlijk uit noordoost Afrika. Hij werd al 6000 jaar geleden verbouwd in Egypte en verspreidde zich van daaruit al vroeg over het Middellands Zeegebied, het Midden Oosten en India. De Castorplant wordt nu aangeplant in alle drogere tropische en subtropische gebieden en ook in gematigde streken met een voldoende warme zomer. In Nederland kan hij op beschutte plaatsen als eenjarige tuinplant geplant worden.

In noordoost Afrika komt castor van nature voor met name langs rivierbeddingen; elders wordt Castor vaak aangetroffen als verwilderde plant in de buurt van dorpen en zelfs in natuurlijke vegetaties.

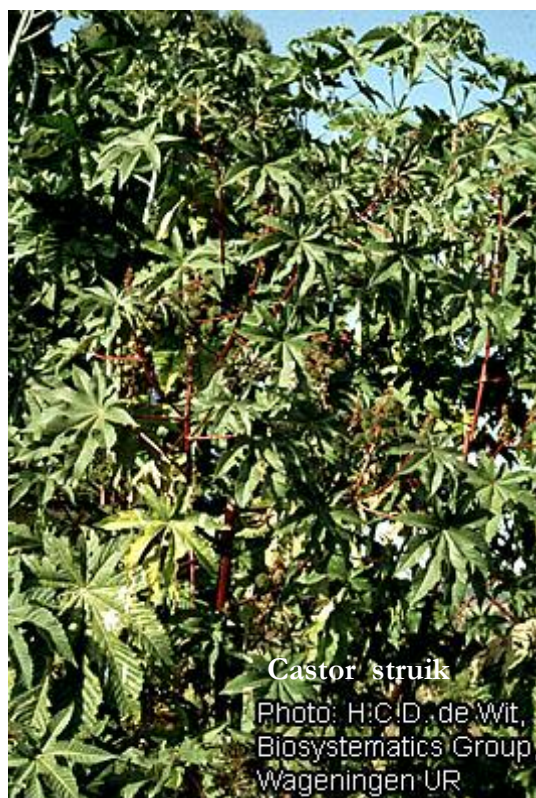
Castor wordt commercieel verbouwd in alle warm-gematigde, subtropische en tropische gebieden van 40° ZBr tot 52° NBr, van 0–2000 m hoogte nabij de evenaar. De optimale gemiddelde temperatuur is 20–26°C; de plant kan niet tegen vorst en temperaturen boven 40°C zijn schadelijk. Castor is aangepast aan droge klimaten en verdraagt overstroming gedurende korte tijd. In gebieden met minder dan 750 mm jaarlijkse neerslag moet de plantdatum zo worden gekozen dat 400–500 mm neerslag valt vóór de bloei. Door zijn diepe wortelstelsel verdraagt de plant periodes van droogte goed, maar bij hoge luchtvochtigheid kan het afrijpende zaad door schimmel worden aangetast. Castor groeit op vele soorten grond, mits die goed gedraineerd en redelijk vruchtbaar zijn. Planten die het best zijn aangepast aan zoute of alkalische gronden, produceren vaak weinig. Hoewel Castor beter groeit op meer vruchtbare en vochtige grond, is het een van de weinige gewassen die verbouwd kunnen worden op droge, stenige grond.

6.2.3 Huidige verspreiding en status als energiegewas

Omdat Castor algemeen voorkomt in een groot deel van de wereld is het risico van verlies van genetische biodiversiteit gering. Bovendien vermeederen de meeste kleine boeren hun eigen zaad.

Studie van de genetische biodiversiteit zijn dringend noodzakelijk om de grote verscheidenheid aan morfologische en landbouwkundige kenmerken in kaart te brengen. Er zijn een aantal collecties waarin een deel van de genetische variatie wordt bewaard, o.a. in het N.I.Vavilov Institute of Plant Industry, St.Petersburg, Russische Federatie, het Institute of Oil Crops Research (CAAS), Wuhan, China en het National Plant Germplasm System in de Verenigde Staten.

Castor is een voornamelijk kruisbestuivende plant en alle natuurlijke vormen kunnen onderling worden gekruist, waardoor bij de veredeling standaard procedures kunnen worden gevolgd. Selectie van nieuwe rassen is voornamelijk gericht op een hoge opbrengst en hoog oliegehalte, betere geschiktheid voor mechanisatie (kleinere planten, gelijktijdig afrijpend, niet zaadverliezend), korte groeidiur en resistentie tegen ziekten en plagen. Hybride rassen zijn ontwikkeld.



Castor struik

Photo: H.C.D. de Wit,
Biosystematics Group,
Wageningen UR

Bekende oudere rassen in de Verenigde Staten zijn: 'Lynn' en 'Hale', deze worden nu voornamelijk gebruikt bij de productie van hybride zaad. Andere bekende rassen zijn: 'Conner' en 'Kansas' in de Verenigde Staten, 'Rica' en 'Venda' in Frankrijk en 'T-3', 'CS-9' en 'SKI-7' en de GCH-serie hybriden in India.

Castor wordt in Brazilië gezien als een zeer belangrijk biodieselgewas in het droge noordoosten van het land waar het invulling moet geven aan de sociale doelstellingen van het Braziliaanse biodiesel programma. Het idee is hierbij dat Castor verbouwd wordt door kleine boeren. Op biodiesel die door kleine boeren wordt geproduceerd wordt minder of geen belasting geheven. Recent zijn er ook berichten dat in andere landen (o.a. Jamaica) Castor voor biodiesel verbouwd wordt. De resultaten lijken tot nu toe tegen te vallen o.a. door tegenvallende opbrengsten (per ha) en doordat de prijs voor de olie hoog is waardoor biodieselproductie onaantrekkelijk is.

6.2.4 Beschrijving van het gewas

Een groenblijvende, weinig vertakte struik of kleine boom met heel zacht hout en een uitgebreid wortelstelsel. In de landbouw wordt hij meestal verbouwd als eenjarig gewas. De takken hebben opvallende lichte ringen. Het blad is tot 50 cm groot, handvormig ingesneden, groen of rood. De bloeiwijze is tot 40 cm lang en draagt rood en witte bloemen. De vrucht is enigszins bolvormig met 3 zaden en is 1,5–2,5 cm lang, glad of met harde haren en bruin bij rijpheid. De zaden hebben de vorm van een glanzende grote koffieboon met een wratje aan het eind. Het lijkt daardoor wat op een volgezogen teek wat de plant zijn Latijnse naam heeft gegeven.



1, tak met bladeren; 2, bloeiwijze; 3, vruchten; 4, zaad. Bron: PROTA

De Castor plant is zeer variabel in vorm, grootte en levensduur. Ook de vorm en grootte van de vrucht en de kleur en tekening van het zaad zijn variabel.

Castor zaad kiemt 10–20 dagen na het planten bij een temperatuur van 10–18°C. De eerste bloei kan bij geselecteerde rassen optreden al 40–70 dagen na opkomst. De bloei van Castor treedt op bij lange dagen, dus in de zomer, maar de relatie tussen daglengte en bloei is variabel. Het verschijnen van de eerste bloeiwijze is afhankelijk van de cultivar en de vorming van nieuwe bloeiwijzen gaat door zolang de plant groeit. Bij traditionele, vaak meerjarige landrassen verloopt de zaadproductie daardoor geleidelijk; bij eenjarige cultivars is de eerste bloeiwijze het belangrijkste en kan tot 80% van de opbrengst leveren. Het afrijpen van het zaad binnen een bloeiwijze gebeurt niet tegelijk en kan verscheidene weken duren. Rassen die worden verbouwd als eenjarig gewas kunnen meestal 140–170 dagen na het planten worden geoogst, maar de variatie in groeiduur is groot en sommige rassen worden pas na 9 maanden voor het laatst geoogst. Meerjarige rassen kunnen 10–15 jaar productief zijn.

6.2.5 Teelt

Bij mechanische grondbewerking wordt diep geploegd om harde lagen in de grond te breken zodat de wortels zich goed kunnen ontwikkelen. Vóór het zaaien moet de bovenste grondlaag vochtig zijn voor een goede kieming en groei gedurende een langere tijd dan voor maïs of katoen.

In droge gebieden wordt aanbevolen om Castor te verbouwen op ruggen. Kleine boeren planten Castor vaak in een paar rijen rond andere gewassen of als schaduwplant voor bijv. gember.

Traditionele landrassen met een lange groeidiur worden vaak geplant tussen andere gewassen en de afstand tussen rijen Castor kan meer dan 5 m bedragen. Rassen met een korte groeidiur worden meestal als monocultuur geplant met ongeveer 1 m tussen rijen en 30–50 cm tussen planten in de rij.

Zaailingen van Castor kunnen slecht tegen competitie door onkruid en twee keer wieden is meestal noodzakelijk. Herbiciden, gecombineerd met mechanisch wieden, worden soms toegepast. Wieden wordt vaak gecombineerd met anaarden. Omdat het wortelstelsel van castor de bodem slecht vasthoudt en de grond na het wieden kaal is, is het risico van erosie aanzienlijk.

Irrigatie wordt maar zelden toegepast. Kunstmest wordt zelden gegeven, soms wordt enige organische bemesting toegepast.

Hoewel een aantal insecten die het blad of de vruchten aantasten voorkomen, vormen ze zelden een probleem, behalve in slecht groeiende gewassen. Alleen zaailingen worden vaker aangetast.

Insecten, met name die welke de vruchten aantasten kunnen een groot probleem zijn.

Eenjarige rassen kunnen meestal na 4–9 maanden worden geoogst. Moderne rassen, die hun zaad niet verliezen zodra het rijp is, worden in een keer geoogst wanneer de planten droog zijn. Bij rassen, die wel hun zaad verliezen, worden de rijpe vruchten geoogst voordat zij volledig droog zijn. Het oogsten wordt dan elke 2 weken herhaald.

In intensieve, niet gemechaniseerde landbouw zijn oogsten en dorsen de meest tijdrovende handelingen. Machines voor het mechanisch oogsten zijn ontwikkeld, maar mechanisch oogsten blijft moeilijk omdat veel rassen niet voldoende gelijktijdig af rijpen. Ook zijn er bij veel rassen verschillen in de dikte en sterkte van de vruchtwand, waardoor grote schade kan ontstaan bij het dorsen. Omdat de meeste landrassen gedeeltelijk zaadverliezend zijn, wordt traditioneel geoogst voordat de planten of de bloeiwijzen helemaal droog zijn. Hele bloeiwijzen worden afgesneden, verzameld en op een hoop bewaard totdat de vruchten zwart zijn. Daarna worden ze uitgespreid in de zon om te drogen. Na 4–6 dagen hebben de meeste vruchten hun zaad verloren. Niet geopende vruchten worden vervolgens gedorst. Het zaad wordt gereinigd door wannen en vervolgens opgeslagen of verkocht. Het zaad kan 2–3 jaar worden bewaard in jute zakken zonder verlies van kwaliteit, maar het grootste deel wordt binnen 6 maanden verwerkt tot olie..

6.2.6 *Opbrengsten en verwerking tot biobrandstof*

De gemiddelde opbrengst van castor is ongeveer 1000 kg zaad/ha, met een maximum van ongeveer 3000 kg/ha. Bij een oliegehalte van 50% komt dit overeen met 500–1500 kg olie/ha. Ongeveer 10% van de zaadopbrengst is nodig als zaaigoed.

Castorolie als zodanig is veel te stroperig om gebruikt te worden als biodiesel en mengt bovendien slecht met diesel. Na transesterificatie zijn de methyl-vetzuur esters aanzienlijk vloeibaarder, maar in zuivere vorm nog steeds veel te stroperig. Als 2–5% bijmenging bij petrochemische diesel is getransesterificeerde castor olie wel geschikt, maar de huidige regelgeving staat dit in de weg. Bijmenging van maximaal 20% biodiesel van castorolie bij biodiesel van koolzaadolie of katoenzaadolie levert een mengsel dat nog voldoet aan de Europese regelgeving.

Relevante kenmerken van castorolie zijn:

As gehalte 0.02%, zwavelgehalte: <0.04%, kaligehalte: sporen. energetische waarde 39.5 GJ/ton, viscositeit 9,5–10,0 dPa bij 20°C (meer dan 100 × hoger dan petro-diesel), jood getal (methylcastorzuur) 80, smeltpunt 5°C, stolpunt –12 tot –18°C, dichtheid 0.95, vlampunt 260°C4

6.2.7 *Traditioneel gebruik*

De samenstelling van zaad van Castor is bij benadering: water 5 g, eiwit 15–30 g, vet 43–53 g, koolhydraat 7–10 g, vezelstoffen 15–25 g, as 2–3.8 g. Het zaad en in mindere mate de overige delen van de plant bevatten extreem giftige eiwitten, het giftige alkaloïde ricinine en allergenen.

Bij het persen of extraheren van de olie uit het zaad blijven de gifstoffen achter in de perskoek. De meest giftige eiwitten zijn ‘ricin’ en ‘rca’ (Ricinus communis agglutinin). Het eten van de zaden veroorzaakt vergiftiging door ricin, aangezien rca niet door de darmwand wordt opgenomen. Ricin is extreem giftig als het in de bloedbaan wordt ingespoten of als mist wordt geïnhaleerd. Eén milligram is voldoende om een volwassene te doden. Het gif verspreid zich door het lichaam en werkt door cel na cel de synthese van eiwitten (inclusief essentiële enzymen) lam te leggen. Wegens deze extreme giftigheid wordt ricin beschouwd als chemisch en biologisch wapen waarvan het gebruik is verboden in de Biological and Toxic Weapons Convention (BTWC) and Schedule 1 of the Chemical Weapons Convention (CWC). De industriële verwerking van de perskoek is daarom aan strikte regels gebonden.

Castor olie is niet-drogend, gelig tot bijna kleurloos en heeft een karakteristieke geur en smaak. Hij heeft de hoogste viscositeit van alle plantaardige oliën. Ricinoliezuur (ricinoleic acid) vertegenwoordigt ongeveer 90% van de vetzuren en geeft de olie zijn bijzondere eigenschappen. Andere vetzuren zijn de algemeen voorkomende palmitinezuur, stearinezuur, oliezuur en linolzuur.

Ricinoliezuur (12-hydroxy- 9-octadeceen-zuur) is enkelvoudig onverzadigd en bevat tevens een alcohol-groep die het zijn karakteristieke eigenschappen geeft en waardoor het zoveel toepassingen heeft in de chemische industrie.

De zaden van castor kunnen een allergische astmatische reactie oproepen. Ricinine uit het zaad kan de ademhaling verzwakken, maar schijnt in lage doseringen verbeterend te werken op het geheugen. Castorolie wordt in de Verenigde Staten beschouwd als veilig (GRAS) als smaakstof in de voedingsmiddelenindustrie.

Meer dan 95% van alle Castor wordt verbouwd voor de olie die geperst wordt uit het zaad. De olie is niet eetbaar en werd vanouds gebruikt als lampolie en medicinaal als laxermiddel. Als lampolie is Castorolie vrijwel volledig verdrongen door petroleum.

Castorolie is nu een belangrijke olie voor industrieel gebruik. Hij werd traditioneel gebruikt als smeermiddel voor houten wielen, maar door industriële verwerking is het nu een belangrijke grondstof voor zeer hoogwaardige smeermiddelen. Door zijn groot smerend vermogen, zijn viscositeit die constant blijft over een groot temperatuurtraject en zijn onoplosbaarheid in petrochemische brandstoffen is de olie een geschikt smeermiddel voor motoren werkend onder zeer extreme omstandigheden, zowel onder polaire omstandigheden als in straalmotoren voor vliegtuigen. Andere toepassingen van Castorolie worden gevonden als smeermiddel in de rubberindustrie en als weekmaker in coatings, terwijl sterk gezuiverde Castorolie wordt gebruikt in de voedselindustrie om te voorkomen dat producten in de vormen blijven plakken. Deze gezuiverde olie wordt ook toegepast in cosmetische producten als shampoos, lipsticks en nagellak.

Van Castorolie wordt zeep gemaakt. Deze lost relatief goed op in water, maar zijn reinigend vermogen is beperkt, denk bijvoorbeeld aan ‘elke-dag shampoo’. Naast gebruik als smeermiddel is de toepassing van Castorolie in de chemische industrie echter het belangrijkste.

Gedeeltelijke oxidatie van Castorolie bij 100°C levert ‘blown oil’, een olie die vloeibaar blijft bij lage temperaturen en die veel gebruikt wordt als hydraulische en remvloeistof en als weekmaker in inkt, lakken en leer. Door drogen verandert Castorolie in een bleke tot kleurloze drogende olie die wordt gebruikt bij de fabricage van alkyd harsen en hoogwaardige versproducten. Door

reactie met waterstof ontstaat 'hydrogenated castor oil' (HCO), een witte harde en zeer slecht oplosbare was die wordt toegepast in coatings in o.a. in smeermiddelen en de papier en voedingsmiddelenindustrie. Door behandeling van Castorolie met zwavelzuur ontstaat 'Turkey red oil'. Dit is het oudste chemische substituut voor zeep en wordt toegepast bij het verven van textiel en het maken van leer en bont (www.castoroil.in).

Een belangrijke toepassing vindt Castorolie in de plastic industrie, waar het een belangrijke grondstof levert voor de polyamides nylon 11, nylon 6.10 en meer recent voor polyurethanen. De olie wordt daartoe eerst 'gekraakt': door verhitting opgebroken in kleinere moleculen. Kraken levert ook aroma stoffen. Wegens zijn belang in al deze gebuiken is Castorolie in de Verenigde Staten een strategisch product waarvan te allen tijde een adequate voorraad moet worden aangehouden.

Medisch wordt Castorolie –of wonderolie– voornamelijk gebruikt als purgeermiddel. In Zuid Afrika is het bekend als 'Blue bottle' vanwege de karakteristieke blauwe fles waarin het wordt verkocht. Wegens de vieze smaak wordt het tegenwoordig ook gezoet en in capsules aangeboden. Een voordeel van Castorolie is dat het de peristaltiek stimuleert, maar nauwelijks krampen veroorzaakt. Zoals veel purgeermiddelen is Castorolie wel gebruikt als abortusmiddel. Tenslotte worden producten gemaakt van de olie ook verwerkt in anticonceptie gels.

De perskoek van castor is giftig en wordt voornamelijk gebruikt als brandstof en voor bemesting. Er zijn methoden ontwikkeld om de perskoek door ontgiftiging geschikt te maken als veevoer, maar ook na ontgiftiging kan hij slechts in kleine hoeveelheden worden gegeven. Met name paarden zijn zeer gevoelig. Uit de perskoek wordt ook een vet-oplossend enzym gewonnen.

Het oude blad van de Castorplant wordt gebruikt als veevoer en als voer voor zijderupsen in bijv. China en Korea en soms zelfs als groente. Naar verluid worden in Bengalen de jonge vruchten gegeten. De Castorplant is een belangrijke sierplant. In de zeventiger jaren van de 20^e eeuw zijn zaden voor dit doel in Nederland huis aan huis verspreid in een reclame campagne.

6.2.8 *Economie*

De productiekosten van Castor zijn hoog vergeleken met andere oliegewassen. Een analyse van de productiekosten voor soja, oliepalm en Castor in Brazilië liet zien dat de kosten voor Castor ongeveer \$600,- per ton bedroegen terwijl die voor soja en palmolie respectievelijk \$220,- en \$240,- per ton bedroegen. De hogere kosten voor Castor worden verklaard door de lage productiviteit en doordat bijproducten maar een lage waarde hebben als meststof. Lucratievere toepassingen zoals veevoer zijn onmogelijk door de giftigheid.

De hoge kosten kunnen niet gecompenseerd worden door een betere kwaliteit als biodiesel en ook niet door de beperkte belastingvrijstelling in Brazilië.

Een ander economische aspecten is het hoge risico van uitbreiding van de teelt op marginale gronden en van intensivering van de teelt van Castor in noordoost Brazilië. Door droogte is het mogelijk dat investeringen in aanplant van en inputs voor het gewas verloren gaan, wat kleine boeren zicht slecht kunnen veroorloven.

Tussen 1985 en 2005 is de wereldproductie van zaad van Castor langzaam gegroeid tot 1,4 miljoen ton per jaar. In 2005 waren de belangrijkste producenten: India (870,000 t), China (268,000 t) and Brazilië (177,000 t). De belangrijkste importeurs zijn Frankrijk, de Verenigde Staten, Duitsland en Japan. Gegevens over de verbouw, productie en opbrengsten van Castorzaad zijn niet altijd erg betrouwbaar omdat de productie vaak zeer kleinschalig is en mengteelt dan eerder regel dan uitzondering.

De prijs van Castorolie is relatief hoog voor een oliegewas. In India (2006) is Castorolie echter goedkoper (US\$ 0,72/l) dan ruwe palmolie (US\$ 0,81/l), gezuiverde soja olie (US\$ 0,82/l) of aardnootolie (US\$ 0,97/l).

Gezien de hoge kosten van Castorproductie en de hoge prijs die voor Castor als industriële olie wordt betaald, lijkt het vanuit economisch oogpunt een onaantrekkelijke grondstof voor biodiesel.

6.2.9 *Duurzaamheid*

Volledige LCA analyses van Castor voor biodiesel productie zijn niet bekend. Energiebalansen voor Castor biodiesel zijn wel bekend. Gerapporteerde energiebalansen liggen tussen 1.3:1 en 1:2. Dat betekent dat energieverbruik ongeveer tussen 130% en 50% van die van fossiele diesel ligt. De verschillen tussen de gevonden waarden worden deels verklaard door verschillen in mechanisatie en gebruik van inputs. Dit betekent ook dat de broeikasbalans waarschijnlijk niet beter zal zijn. Het is dus zeer de vraag of de minimale 35% en later 50% broeikasgasemissiereductie, zoals de Eu eist, met Castor gehaald wordt.

Castor kan gebruik maken van marginaal land. Bij grootschalige productie van biodiesel zal dit concurrentie met voedselgewassen echter niet kunnen voorkomen.

Castor is een gewas dat vooral door kleine boeren wordt verbouwd. Zolang dit gebeurt in geschikte gebieden en op geschikte gronden is het daarvoor uitstekend geschikt. Uitbreiding van de teelt naar drogere gebieden en intensivering van de teelt zal echter leiden tot grotere productierisico's. Bovendien is het gebruik van Castorolie in brandstoffen alleen mogelijk als prijsverschillen met andere geschikte oliën wordt gecompenseerd.

Samenvattend lijkt het zeer onwaarschijnlijk dat Castorolie een belangrijke bron van biodiesel zal worden op de internationale markt.

6.3 Kokospalm

6.3.1 Samenvatting

Nederlandse naam: Kokospalm, klapper

Andere namen: Coconut palm (En). Cocotier (Fr). Coco (Sp).

Latijnse naam: *Cocos nucifera* L.

Familie: Areaceae (Palmae)

De kokospalm is een typisch gewas van de natte tropen. Het gedijt het beste bij hoge luchtvochtigheid en een neerslag van 1.000 a 2.000 mm gelijkmatig verdeeld over het jaar. De kokospalm stelt weinig specifieke eisen aan de bodem, zolang drainage goed is. Zout in de bodem en wind van zee wordt goed verdragen. Hoewel de zaden drijvend verspreid worden is de plant waarschijnlijk ook door de mens vanuit ZO Azië naar Polynesië en in de 15^e en 16^e eeuw naar Afrika en Latijns Amerika verspreid. Kokospalm is met een potentiële olieproductie van zo'n 2.500 liter per ha per jaar een zeer productief gewas. Alleen oliepalm heeft duidelijk een hogere olieproductie. In de praktijk is de kokosolieproductie echter veel lager (300 liter per ha) wat verklaart wordt door de lage intensiteit van de teelt. Efficiënte teelt met gebruik van verbeterde variëteiten en bemesting vindt buiten plantages weinig plaats. Kokospalm produceert ook andere nuttige producten zoals kopra (als eiwitrijk veevoer) en allerlei voedselproducten waardoor eerder als een "multifunctioneel" gewas gezien moet worden.

Met een productie van zo'n 3,5 miljoen ton per jaar is kokosolie het op 6 na belangrijkste oliegewas in de wereld. Belangrijke producenten en exporteurs van kokosolie (en kopra) zijn de Filippijnen en Indonesië. In deze landen wordt de meeste kokos door kleine boeren geproduceerd. Plantages zijn verantwoordelijk voor maar 6% van de kokosproductie wereldwijd. Kokosolie kan een grondstof worden voor biodiesel. Sinds 2006 moet in de Filippijnen 1% biodiesel worden bijgemengd bij petrodiesel. Een deel hiervan wordt gemaakt van kokosolie. Er is een contract gesloten voor de bouw van een biodiesel fabriek, die o.a. kokosolie zal gebruiken totdat voldoende *Jatropha* olie beschikbaar komt. Ook in Oceanië wordt kokos als grondstof voor biodiesel ontwikkeld.

Kokosolie heeft eigenschappen die het relatief onaantrekkelijk maken als grondstof voor verestering tot biodiesel. Met name het smeltpunt is erg hoog (typisch 22°C). Waarschijnlijk kan biodiesel maar een beperkt percentage kokosolie diesel bevatten omdat het anders niet voldoet aan de EU biodiesel norm. Zelfs in tropische landen als de Filippijnen en Brazilië is het hoge smeltpunt een probleem. Gezien de relatief lage prijs van kokosolie is het mogelijk een aantrekkelijke olie voor productie van alkanen via waterstof bewerking (Hydro-treatment) zoals in de nieuwe fabriek van Neste oil in Rotterdam. Deze alkanen hebben een uitstekende (diesel) kwaliteit en kunnen uit vrijwel alle oliën en vetten geproduceerd worden.

Duurzaamheidsanalyses van kokosbiodiesel zijn schaars. De paar beschikbare analyses wijzen er op dat kokosbiodiesel zeker een broeikasbalans die 35 a 50% beter is dan petrodiesel kan halen als er een efficiënte productieketen opgezet wordt. Indien landgebruik en indirect landgebruik in de nabije toekomst een duurzaamheidsfactor wordt kan de lage productiviteit wel een negatieve factor zijn, hoewel kokospalm veel lijkt te worden verbouwd op gronden die minder geschikt zijn voor andere teelten. Kokospalm wordt ook niet geassocieerd met grootschalige landgebruikverandering en ontbossing. Het feit dat de meeste kokos wordt geproduceerd door kleine boeren lijkt een positief aspect te zijn in de duurzaamheidsbeoordeling.

6.3.2 *Oorspronggebied en eisen aan klimaat en bodem*

Het oorspronkelijke verspreidingsgebied van de kokospalm zijn waarschijnlijk de kusten van tropisch Azië en Oceanië, maar er bestaat hierover ook twijfel. Fossiele kokosnoten zijn gevonden van India tot Nieuw Zeeland. Doordat de vrucht over grote afstanden kan drijven op zee en pas na geruime tijd kiemt kon de kokospalm zich over een groot gebied verspreiden lang voordat hij door de mens in cultuur werd genomen. Dat laatste gebeurde waarschijnlijk het eerst in Zuidoost Azië. De gekweekte kokospalm heeft een steviger stam en grotere vruchten die sneller kiemen, maar een dunnere schaal en vezellaag hebben en daardoor minder lang kiemkrachtig blijven drijvend in zee.

De kokospalm is een typisch gewas van de humide tropen. Hij kan zich redelijk goed aanpassen aan ongunstige omstandigheden (temperatuur en neerslag) en is zo belangrijk dat hij ook aan de grenzen van zijn verspreidingsgebied nog veel wordt aangeplant.

De kokospalm heeft tenminste 2000 uur zon per jaar nodig en 125 uur in de somberste maand. De optimale gemiddelde temperatuur is 27°C, met een dagelijkse variatie van 5–7°C. Voor een goede opbrengst moet de laagste gemiddelde maandtemperatuur 20°C zijn. De kokospalm wordt daarom meestal beneden een hoogte van 500 m aangeplant, maar redelijk goede resultaten zijn ook bekend tot 1000 m hoogte.

De kokospalm vraagt 1000–2000 mm gelijkmatig verdeelde neerslag per jaar en een hoge luchtvochtigheid. Door de structuur van het blad kan de palm perioden van droogte van enkele maanden goed opvangen. De kokospalm stelt weinig specifieke eisen aan de bodem, zolang drainage goed is. Zout in de bodem en in wind van zee wordt goed verdragen.

6.3.3 *Huidige verspreiding en status als energiegewas*

De verspreiding van de gekweekte kokospalm viel samen met migraties van de mens van Zuidoost Azië naar Oceanië en India ongeveer 3000 jaar geleden. Maleisische en Polynesische zeevaarders hebben aan de verspreiding bijgedragen. Waar wilde kokospalmen voorkwamen trad kruising tussen wilde en gekweekte palmen op waardoor een grote verscheidenheid aan vormen ontstond. Arabische zeevaarders brachten de kokospalm naar Oost Afrika en in de 16^e eeuw werd de kokospalm echt pantropisch nadat hij door Europese ontdekkingsreizigers naar de Atlantische kusten van Amerika en de Caraïben was gebracht. De kokospalm wordt nu voornamelijk aangeplant in relatief vochtige kustgebieden in de tropen, maar is plaatselijk ook van belang verder landinwaarts.

Kokosolie kan een belangrijke grondstof worden voor biodiesel. Sinds 2006 moet in de Filippijnen 1% biodiesel worden bijgemengd bij petrodiesel. Een deel hiervan wordt gemaakt van kokosolie. Er is een contract gesloten voor de bouw van een biodiesel fabriek, die o.a. kokosolie zal gebruiken totdat voldoende jatropa olie beschikbaar komt. Ook op enkele Zuidzee eilanden wordt kokos als grondstof voor biodiesel ontwikkeld.

6.3.4 *Beschrijving van het gewas*

Een onvertakte, tot 30 m hoge palm. De wortels zijn tot 6–30 m lang en bevinden zich vnl. in de bovenste 1,5 m van de grond. De stam is cilindrisch en vaak enigszins scheef, tot 40 cm dik, grijzig en met opvallende ringen. De kruin telt 25–35 enorme bladeren. De bladeren zijn geveerd en ongeveer 6 m lang; de basis van de bladsteel omvat de stam met een vezelige bladschede; elk blad telt 200–250 blaadjes, die lancetvormig zijn en 50–120 cm lang. In de oksel van elk blad

vormt zich een 1–2 m lange bloeiwijze, die bestaat uit tot 40 aren met 200–300 bleek gele mannelijke bloemen en aan de basis 1 of enkele veel grotere vrouwelijke bloemen. De vrucht is enigszins driekantig bolvormig, 20–30 cm lang en tot 2,5 kg zwaar; de huid is zeer dun, groen, oranje, geel of ivoorkleurig en grijsbruin bij rijpheid; daaronder het 4–8 cm dikke mesocarp of ‘bast’ bestaande uit vezels; daarbinnen bevindt zich de ‘noot’ die bestaat uit endocarp en zaad. het endocarp is de harde 3–6 mm dikke schaal met 3 naden en 3 karakteristieke ‘ogen’. Het zaad is hol en bestaat uit het 1–2 cm dikke endosperm (vaak –en ook hier- ten onrechte vruchtvlies genoemd) en een embryo.

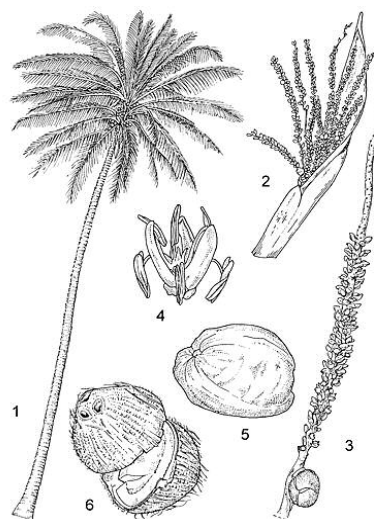
Cocos nucifera is de enige soort in het geslacht *Cocos*. De soort is erg variabel. Vormen die dicht bij de oorspronkelijke wilde kokospalm staan worden gerekend tot het ‘Niu kafa’ type, gekenmerkt door lange vruchten met een dikke vezellaag die goed drijven. Vormen die zijn ontstaan onder invloed van de mens worden tot het ‘Niu vai’ type gerekend en bollere vruchten met minder vezels en meer kopra. De 2 vormen kruisen gemakkelijk. De geteelde kokospalm wordt verdeeld in 2 typen: ‘tall’ en ‘dwarf’. Meer dan 95% van de geteelde palmen behoort tot het ‘tall’ type. Bekende rassen zijn: ‘Malayan Tall’, ‘Rennell Island Tall’, ‘Vanuatu Tall’, ‘Jamaican Tall’, ‘West African Tall’ and ‘East African Tall’. ‘Dwarf’ vormen zijn zeldzaam, maar kunnen in verschillende ecotypen worden onderscheiden. Ze zijn kleiner en hebben kleinere vruchten, maar komen eerder in productie. Bekende vormen zijn:

‘Niu leka’ uit Fiji, ‘Malayan Dwarf’ uit Indonesië, ‘Gangabondam’ uit India and ‘King’ uit Sri Lanka. Bij ‘Makapuno’ uit de Filippijnen en ‘Kelapa Kopjor’ uit Indonesië is bijna het hele zaad gevuld met endosperm en ontbreekt de holte. Het endosperm heeft een karakteristieke smaak en geldt als een delicatessen.

Verse rijpe kokosnoten wegen 1,1–2,5 kg en bestaan uit 30–45% bast, 14–16% schaal, 25–33% vruchtvlies en 12–25% kokoswater. Vers vruchtvlies 35–52% water, goed gedroogde kopra 63–68% olie, <6% water en <1% vrije vetzuren. De voedingswaarde van gedroogde kopra is per 100 g eetbaar deel: water 3 g, energie 2761 kJ (660 kcal), eiwit 7 g, vet 65 g, koolhydraat 24 g, vezel 16 g, Ca 26 mg, Mg 90 mg, P 206 mg, Fe 3 mg, Zn 2 mg, vitamine A 0 mg, thiamine 0.06 mg, riboflavine 0.1 mg, niacine 0.6 mg, vitamine B₆ 0.3 mg, folium zuur 0 mg, ascorbine zuur 1.5 mg. De vetzuursamenstelling is: hexaanzuur 0.6%, octaanzuur 7.5%, decaanzuur 6%, laurinezuur 45%, myristinezuur 17%, palmitinezuur 8%, stearinezuur 3%, oliezuur 6%, linolzuur 2% (USDA, 2006). Kokosolie wordt gekenmerkt door het hoge gehalte aan laurinezuur. Hierdoor is de olie goed verteerbaar en wordt in het menselijk lichaam voornamelijk omgezet in energie en niet opgeslagen.

De genetische variatie in kokospalm is groot. Aanplanten en rassen van kokospalm zijn meestal heterogene selecties met een aantal gemeenschappelijke kenmerken. Het International Plant Genetic Resources Institute, in samenwerking met nationale instituten, bouwt collecties op waarin de belangrijkste variatie wordt bewaard. Voor een deel gebeurt dit door het aanplanten van collecties van palmen, voor een deel door cryoconservering van embryo’s.

Veredeling van kokospalm wordt bemoeilijkt door de lange jeugdfase, het klein aantal zaden per palm en de grote arealen nodig voor het testen. Ongeveer 95% van alle aangeplante kokospalmen



1, Boomt; 2 jongen bloeiwijze; 3, bloeiwijze tak; 4, mannelijke bloem; 5, vrucht; 6, noot
Bron: PROSEFA

bestaat dan ook uit niet geselecteerde nakomelingen van meestal lokaal geselecteerde, hoog-opbrengende palmen met resistentie tegen ziekten. In Sri Lanka, waar de vezel industrie belangrijk is, selecteert men bovendien op vezellengte.

'Dwarf' × 'tall' hybriden hebben een hoge opbrengst en beginnen vroeg te produceren. Een verdubbeling van de opbrengst ten opzichte van de hoogst opbrengende ouderpalm is zelfs waargenomen. Voorbeelden van hybride rassen zijn: the 'KB' and 'KHINA' series in Indonesië; the 'PCA 15' serie in de Filipijnen en 'PB' series (e.g. 'PB121') in Ivoorkust.

6.3.5 *Teelt*

Rijpe vruchten van de meeste gecultiveerde rassen van de kokospalm kiemen kort na de oogst. Daarbij groeit het embryo uit en komt naar buiten door een van de ogen, terwijl in de holte van de kokosnoot een cotyl uitgroeit tot een 'haustorium', dat de kiemplant voedt. Vervolgens begint zich een wortelstelsel te vormen. De kiemplant verschijnt ongeveer 8 weken na het planten van de kokosnoot in een kiembed en 5 weken later ontvouwt zich het eerste blad. Pas na een jaar beginnen zich de karakteristiek geveerde bladeren te vormen. Wanneer de palm een paar jaar oud is, ontwikkelen zich 12–18 bladeren bij 'tall' palmen en 20–22 bladeren bij 'dwarfs'. Bladeren hebben een levensduur van ongeveer 4 jaar. Het wortelstelsel bestaat uit 2000–4000 lange dunne wortels. De heel regelmatige groei van de kokospalm is goed aangepast aan het klimaat in het vochtige tropisch laagland, maar maken de palm gevoelig voor stress. Het enkele groeipunt en onvermogen om te vertakken versterken deze zwakte. Door ongunstige omstandigheden worden bloei en vruchtvorming meer aangetast dan groei en ontwikkeling, wat leidt tot minder en kleinere vruchten. Pas na zeer langdurige ernstige stress vertraagt de ontwikkeling van de bladeren, iets waarvan de palm niet meer herstelt.

De eerste bloei treedt gemiddeld op 5–7 jaar na kieming in 'tall' rassen, na 2 jaar in 'dwarfs' en na 3–4 jaar in 'tall' × 'dwarf' hybriden. Groeiomstandigheden hebben een duidelijk effect op de lengte van de jeugdfase. Kokospalmen kunnen tot 100 jaar oud worden, maar de hoogste opbrengst wordt bereikt na 10–20 jaar en de opbrengst begint af te nemen na 40–50 jaar. Na 60–70 jaar moet meestal worden herplant.

In de oksel van elk blad ontwikkelt zich een bloeiwijze met mannelijke en vrouwelijke bloemen. Bij 'tall' palmen bloeien deze niet tegelijk en is kruisbestuiving regel; bij 'dwarfs' komt zelfbestuiving voor. Van de bevruchte vrouwelijke bloemen valt 50–70% na een paar weken af omdat de palm onvoldoende voedsel kan produceren voor alle bloemen. Als veel oudere vruchten zijn afgevallen, vallen dan ook minder jonge vruchten af. Vruchten rijpen af na 11–12 maanden en vallen af na ongeveer 15 maanden.

Vermeerdering:

De kokospalm wordt vermeerderd door zaad. Vermeerdering is langzaam, omdat een palm maar 100–150 vruchten per jaar produceert. In-vitro vermeerdering is mogelijk, maar leidt vaak tot genetische afwijkingen en zwakke planten.

Voor vermeerdering worden zaden uitgelegd in een kweekbed en na kieming worden de zaailingen geplant in plastic zakken en worden regelmatig bewaterd en bemest. Wanneer zaailingen 5–8 maanden oud zijn, kunnen ze worden uitgeplant in het veld. 'Tall' palmen worden geplant op een onderlinge afstand van 8–10 m, 'dwarfs' op 6–7 m. Vaak worden palmen in een wijder verband geplant en worden andere gewassen tussen-geplant zoals cacao, rubber, mango, cashew, citrus en banaan. Daarnaast worden in jonge aanplanten vaak voedselgewassen verbouwd. Ook wordt soms vee gehouden tussen de palmen.

Beheer:

In een jonge aanplant is onkruidbestrijding essentieel. Bemesting is noodzakelijk speciaal op

gronden die al lang in gebruik zijn, maar veel kleine boeren bemesten niet of nauwelijks. Als gebrekverschijnselen zichtbaar worden, leidt bemesting meestal binnen een jaar tot verbetering. Kali en chloor zijn de belangrijkste neststoffen, naast stikstof, fosfaat en zwavel. In gebieden met een lange droge tijd, zoals in Zuid India, wordt soms geïrrigeerd. Bij uitzondering kan dit zelfs met zeewater.

Ziekten en plagen:

De kokospalm is gevoelig voor veel ziekten en slechts twee belangrijke worden hier genoemd. ‘Lethal yellowing’ en verwante ziekten. Ze worden veroorzaakt door een aantal fytoplasma soorten –gespecialiseerde bacteriën die leven in het suikerrijke sap– en worden overgebracht door insecten. De eerste symptomen zijn het afsterven van het jongste, nog ongeopende blad, gevolgd door verwelking van de andere bladeren, afsterven van de wortels en tenslotte van de palm. Vroegtijdig verwijderen van aangetaste palmen en het aanplanten van resistente rassen zijn de enige bestrijdingsmethoden.

Een andere gevreesde ziekte wordt veroorzaakt door de schimmel *Phytophthora palmivora* die het groeipunt aantast. Hoge luchtvochtigheid draagt bij tot de verspreiding en een wijd plantverband helpt de ziekte te beperken.

Naast ziekten tasten veel insecten de kokospalm aan. De meest bekende is de neushoornkever, waarvan de rupsen leven in het palmhart, de nog niet uitgegroeide jonge bladeren. Dit leidt tot karakteristiek ingeknipte bladeren. Als het groeipunt wordt aangetast, sterft de palm.

Oogst:

De meest gebruikelijke manier van oogsten is door in de palm te klimmen en de rijpe trossen af te snijden. Dit gebeurt om de 2–3 maanden bij ‘tall’ palmen en elke maand bij ‘dwarfs’. In sommige landen wordt wel geoogst met een zaag op een lange bamboestok of door getrainde apen. Verzamelen van gevallen vruchten is eenvoudiger en goedkoper, maar leidt tot verliezen door aantasting door ratten en diefstal. Ook kan een deel van de vruchten beginnen te kiemen.

6.3.6 *Opbrengsten en verwerking tot biobrandstof*

Opbrengst:

De opbrengst bij kleine boeren is meestal 30–50 kokosnoten per palm of 0,5–1 ton kopra per ha. Onder goed management en met geselecteerd plantmateriaal kunnen opbrengsten van 3–4 ton kopra/ha worden gehaald; ‘dwarf’ palmen in Maleisië halen tot 3.5 ton/ha. Experimenteel zijn in Ivoorkust en de Filippijnen opbrengsten tot 6 ton/ha gehaald of 4 ton olie. Daarmee is kokospalm na oliepalm het meest productieve oliegewas. Typisch wordt een maximale olieproductie voor kokospalm genoemd van 2500 liter per ha per jaar. De gemiddelde wordt de productie van kokospalm echter maar geschat 300 kg olie/ha.

Verwerking:

Na de oogst worden de kokosnoten opgeslagen totdat de bast volledig droog is. De bast wordt met de hand verwijderd door de noot op een in de grond geplaatste stalen beitel te slaan en te draaien. Machinaal verwijderen van de bast is nog niet succesvol gebleken. De noten worden vervolgens gespleten waarbij men het kokoswater laat weglopen. De gehalveerde noten worden gedroogd in de zon of een oven waarna de kopra met de hand wordt verwijderd en verder gedroogd tot een watergehalte van 6% om de vorming van aflatoxinen te voorkomen.

Kokosolie wordt verkregen door mechanisch persen of door extractie met oplosmiddelen. De olie wordt vervolgens gezuiverd, gebleekt. Met stoom worden vrije vetzuren, kleur en geur verwijderd.

Kokosolie heeft eigenschappen die het relatief onaantrekkelijk maken als grondstof voor verestering tot biodiesel. Met name het smeltpunt is erg hoog (typisch ° 22 C). Waarschijnlijk kan biodiesel maar een beperkt percentage kokosolie diesel bevatten omdat het anders niet voldoet aan de EU biodiesel norm. Zelfs in landen als de Filippijnen en Brazilië is het smeltpunt een probleem.

Gezien de relatief lage prijs van kokosolie is het mogelijk een aantrekkelijke olie voor fabrieken die alkanen produceren door bewerking van oliën met watersof (zie paragraaf 1.3). Deze techniek produceert alkanen met een uitstekende (diesel) kwaliteit uit allerlei soorten oliën. Neste oil heeft recent zo'n fabriek geopend in Rotterdam en deze techniek wordt ook gebruikt op andere plaatsen in de wereld.

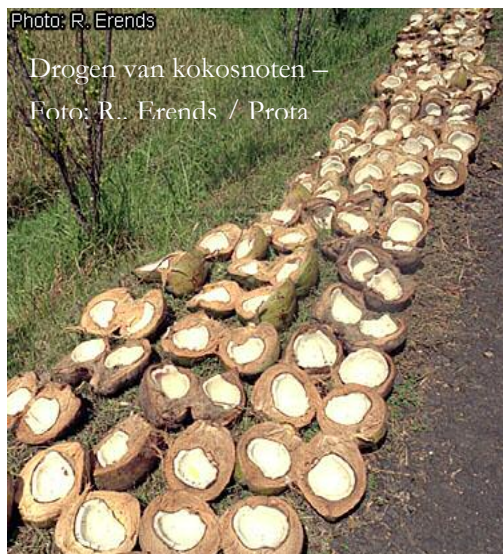


Photo: R. Erends

Drogen van kokosnoten –

Foto: R. Erends / Prota

6.3.7 *Traditioneel gebruik*

Wegens zijn vele nuttige producten wordt de kokospalm wel 'levensboom' genoemd. Olie is het belangrijkste product. Voor huishoudelijk gebruik wordt de olie gewonnen door geraspt vers vruchtvlies te koken in water en de vrijgekomen olie af te scheppen. Voor industriële verwerking wordt het vruchtvlies gedroogd en gemalen, waarna de olie kan worden uitgeperst. Hoogwaardige olie wordt gebruikt als spijsolie en bij de bereiding van margarine, gecondenseerde melk, consumptie-ijs, snoepgoed, bakkersproducten, cosmetica en farmaceutische producten. Olie van mindere kwaliteit wordt verwerkt tot zeep, wasmiddelen, shampoo en verf producten. Als bijproducten blijven vetzuren, alcoholen en hun esters over, die worden verwerkt tot emulgatoren en surfactants (oppervlakte actieve stoffen). De perskoek wordt verwerkt tot veevoer.

Kokosmelk of wordt geperst uit geraspte vruchtvlies gemengd met water en is een belangrijk ingrediënt van vele Aziatische en Afrikaanse gerechten. Kokosmelk wordt tegenwoordig ook industrieel gemaakt in gepasteuriseerde vorm, in blik, als poeder of als magere kokosmelk poeder. Fijn geraspte en gedroogde kopra wordt verkocht als snack en is een populair ingrediënt van snoep- en bakkersproducten.

Het vocht in jonge kokosnoten of kokoswater levert een verfrissend zoet drank, die nu ook geconserveerd verkocht wordt. De harde binnenwand van de vrucht wordt gebruikt om lepels en ander keukengerij van te maken, hij wordt ook verwerkt tot houtskool en gemalen tot vulmiddel voor kunstharis.

De 'bast' van onrijpe groene kokosnoten levert, na roten, witte of gele kokosvezels die worden gebruikt voor het maken van touw, matten en vloerkleden. De bast van rijpe bruine vruchten levert donkerdere en hardere vezels waarvan o.a. borstels matrassen en vezelboard worden gemaakt. De kortste vezels worden verwerkt in isolatiemateriaal en plaatmateriaal en wegens hun grote waterabsorberend vermogen gebruikt in potgrond.

Net als bij andere palmen kan de jonge bloeiwijzen worden getapt en levert sap dat ongeveer 15% suiker bevat. Het sap wordt vers of vergist tot palmwijn gedronken. Van palmwijn worden 'arak' en azijn gemaakt. Het sap wordt ook wel ingedikt tot siroop of suiker.

De bladeren van de kokospalm worden gebruikt als dakbedekking en voor het maken van allerlei vlechtwerk. Het palmhart, dat bestaat uit de nog witte jongste en ongeopende bladeren wordt

gegeten als luxe groente. Drie tot vier jaar oude palmen hebben het grootste hart, dat dan 10–12 kg weegt. Het hout van oude kokospalmen is zeer hard, maar kan met een hardstalen zaagblad worden verwerkt. Het wordt toegepast voor meubels en in gereedschappen en na conservering in de bouw

De gemiddelde jaarlijkse wereldproductie in 2002–2004 was ongeveer 58.000 miljoen kokosnoten, of 10,5 miljoen ton kopra van 11,8 miljoen ha in 93 landen. Ongeveer 55% hiervan werd commercieel verwerkt tot 3,3 miljoen ton olie en 1,8 miljoen ton perskoek. Het overige deel wordt gebruikt voor eigen consumptie en voor kokoswater.

6.3.8 *Economie*

Kokos olie is de op 6 na belangrijkste olie in de wereld na oliepalm, soja, raap, zonnebloem, pinda en katoenzaadolie. Azië en Oceanië produceren 86% van het totaal, Latijns Amerika en de Caraïben 10% en Afrika 3%. De belangrijkste producenten zijn: Indonesië (30% van de wereld productie), de Filippijnen (23%) en India (17%). De Filippijnen exporteren ongeveer 80% van de nationale productie (500.000 t), Indonesië ongeveer 25% (300.000 t).

De laatste jaren is de productie van kokosolie redelijk constant terwijl palm, soja en raap in productie toenemen in de wereld. Kokosolie lijkt o.a. terrein te verliezen aan palmpit vet. De relatieve onaantrekkelijkheid van kokosolie wordt ook leidt er ook toe dat de wereldmarktprijs relatief laag is. Meestal even duur of iets onder de prijs van palmolie.

Kokospalm is voornamelijk een kleine-boeren gewas en slechts ongeveer 6% van de productie komt van plantages. Hoewel olie het belangrijkste product is van de kokospalm is het duidelijk een multifunctioneel gewas dat vaak lokaal een belangrijke rol speelt. Kokosplantages worden niet opgezet specifiek voor biodiesel. Goede economische analyses zijn daarom moeilijk te maken. Waarschijnlijk is de productie van kokos redelijk stabiel omdat er op de plaatsen waar kokos wordt geproduceerd weinig alternatieven zijn voor de teelt en omdat een eventuele expansie van de teelt lang duurt.

6.3.9 *Duurzaamheid*

Kokospalm heeft een potentieel hoge opbrengsten (2500 liter olie per ha per jaar) maar wordt meestal op een kleinschalige wijze door kleine boeren geteeld waardoor typische opbrengsten veel lager zijn. Kokos wordt vrijwel altijd ook om andere producten (copra, vezels) geteeld. Dit heeft als voordeel dat de footprint gedeeld kan worden waardoor de energie en broeikasbalans relatief gunstig kan zijn.

De paar beschikbare maar beperkte LCA studies laten een broeikasbalans zien die significant positief is met een broeikasgas reductie tot 90% ten opzichte van fossiele diesel. De gunstige broeikasbalans wordt verklaard door het lage gebruik van inputs (bemesting en pesticiden) en de productie van bijproducten. Hierbij is ook aangenomen dat energieopwekking met kokos bijproducten plaatsvindt. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat bij lage inputs de productiviteit per ha laag is en dus landgebruik hoog. Als dit mee geteld gaat worden in de toekomst zal de broeikasbalans minder gunstig kunnen zijn. Er is echter geen reden te veronderstellen dat een broeikasbalans van 35 of 50% beter dan fossiel niet te halen is.

Een grote expansie van kokosplantages ten behoeve van biodiesel alleen lijkt onwaarschijnlijk gezien het feit dat kokos ook veel bijproducten produceert die ook een afzet behoeven. Verder duurt expansie lang. Hogere prijzen voor kokosolie zouden er wel toe kunnen leiden dat bestaande kokosplantages efficiënter produceren wat en meer opbrengen per ha.

Sociale duurzaamheid lijkt gunstig aangezien productie vooral door kleine boeren gebeurt.

Literatuurlijst

Algemeen

- Bindraban P.S., E. Bulte, S. Conijn. 2009b. Can biofuels be sustainable by 2020? *Agr. Syst.* (2009), doi:10.1016/j.agsy.2009.06.005
- Cramer Commission. 2006. Criteria voor duurzame biomassa productie. Eindrapport Projectgroep 'Duurzame productie van biomassa'.
- Elbersen, H.W., P. Bindraban, R. Blaauw, R. Jongman. 2008. Biodiesel from Brazil. Report for the Dutch Ministry of Agriculture, Nature and Food Quality. Wageningen, November, 2008.
<http://library.wur.nl/way/bestanden/clc/1894833.pdf>
- Europese Commissie, 2009. EU RICHTLIJN 2009/28/EG ter bevordering van het gebruik van energie uit hernieuwbare bronnen.
- NEN, 2009. NTA 8080. Duurzaamheidscriteria ten behoeve van energiedoelinden
- Roundtable on Sustainable Biofuels. 2009. <http://cgse.epfl.ch/page65660.html>
- El Bassam (ed.) Energy plant species. Their use and impact on environment and development, vol. I. James and James, London. p257-263.
- Annevelink, E., R.R. Bakker & M.J.G. Meeusen. 2006. Quick scan opportunities in the field of biofuels (in Dutch). Wageningen, AFSG rapport, 619, 81 pp. <http://library.wur.nl/way/bestanden/clc/1795279.pdf>

Suikerpalm

- Deinum, H. 1948. Bevolkingssuiker. In: C.J.J. van Hall & C. van de Koppel. De landbouw in den Indischen Archipel. 2a. Uitgeverij van Hoeve, 's-Gravenhage. pp. 419–421.
- Salafsky, N. 1994. Forest gardens in the Gunung Palung region of West Kalimantan, Indonesia. *Agroforestry Systems* 28: 237-268.
- Tammes, P.M.L., 1933. Observations on the bleeding of palm trees. *Recueil des Travaux Botaniques Néerlandais* 30: 514–536.
- Corner E.J.H. 1966. The natural history of palms. Weidenfeld & Nicolson, London, United Kingdom. 393 pp.
- Miller P.H. 1964. The versatile sugar palm. *Principes* 8(4): 115--146.
- Milsum J.N. & J.H. Dennett, 1927. A preliminary note on the sugar palm. *Malaysian Agricultural Journal* 17: 449--453.
- Mogea, J., B. Seibert & W.T.M. Smits, 1991. Multipurpose palms: the sugar palm (*Arenga pinnata* (Wurmb) Merr.). *Agroforestry Systems* 13(2): 111--129.
- Smits W.T.M. 1996. *Arenga pinnata* (Wurmb) Merrill. In: M. Flach & F. Rumawas (Editors). PROSEA 9: Plants yielding non-seed carbohydrates. Backhuys, Leiden, Netherlands. pp. 53–59.

Tropische suikerbiet

- Oyen L.P.A.. 2004. *Beta vulgaris* L. In: G.J.H. Grubben, & O.A. Denton (Editors). Plant Resources of Tropical Africa 2: Vegetables. PROTA Foundation, Wageningen, Netherlands. pp. 110–113.
- Struik P.C. & E.J. Hommes. 1990. Teelt en biologie van akkerbouwgewassen . Teelt en biologie van de biet. Published by Landbouwhogeschool, Wageningen
- Chatin P., D. Gokhale, S. Nillson & A. Chitnis. 2004. Sugar beet growing in tropical areas: A new opportunity for growers and the sugar industry. *International Sugar Journal* 106, no 1266: 329–334.
- Cattanach A.W., A.G. Dexter, & E.S. Oplinger, Sugarbeets. In: Alternative field crops manual. Published by: University of Wisconsin. <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/sugarbeet.html>
- FAO, 2009. FAOSTAT. Published by: FAO, Rome, Italy. <http://faostat.fao.org>.
- Huijbregts, A.W.M. 2003. Technical Quality Assessment of Sugar Beet in Europe. Proceedings 1st joint IIRB-ASSBT Congress, San Antonio, Texas, USA, pp.451–459.
- Liu H., Q. Wang, M. Yu, Y. Zhang, Y. Wu & H. Zhang. 2008. Transgenic salt-tolerant sugar beet (*Beta vulgaris* L.) constitutively expressing an Arabidopsis thaliana vacuolar Na⁺/H⁺ antiporter gene, AtNHX3, accumulates more soluble sugar but less salt in storage roots. *Plant, Cell and Environment* 31(9): 1325-1334.

- Mannerlöf M., S. Tuvešson, P. Steen, & P. Tenning. 1997. Transgenic sugar beet tolerant to glyphosate. *Euphytica* 94: 83–91.
- Kleter G.A., C. Harris, G. Stephenson & J. Unsworth. 2008. Comparison of herbicide regimes and the associated potential environmental effects of glyphosate-resistant crops versus what they replace in Europe. *Pest Management Science* 64:479–488.
- Balakrishnan A., & T. Selvakumar, 2008. Integrated nitrogen management for tropical sugarbeet hybrids. *Sugar Tech* 10(2): 177–180.
- Beckers (Syngenta) R.. 2009. Personal Communication.

Cassave

- Nassar N.M.A. & R. Ortiz. 2007. Cassava improvement: challenges and impacts. *Journal of Agricultural Science* 145: 163–171.
- Yu S. & J. Tao. 2009. Energy efficiency assessment by life cycle simulation of cassava-based fuel ethanol for automotive use in Chinese Guangxi context. *Energy* 14: 22–31.
- FAO, 2009. FAOSTAT. Published by: FAO, Rome, Italy. <http://faostat.fao.org>.
- Allem A.C. 2002. The origin and taxonomy of cassava. In: R.J. Hillocks, J.M. Thresh & A.C. A.C. Bellotti, 2002. *Cassava: biology, production and utilization*. CABI, Wallingford, UK. pp. 1–16.
- Carter S.C., L.O. Fresco, P.G. Jones & J.N. Fairbairn. 1992. *An atlas of cassava in Africa*, CIAT, Cali, Colombia. 85 pp.
- Veltkamp H.J., & G.H. de Bruijn. *Manihot esculenta*. In: M. Flach & F. Rumawas (Editors). *PROSEA 9: Plants yielding non-seed carbohydrates*. Backhuys, Leiden, Netherlands. pp.110–113.
- Balogopalan C. 2002. Cassava utilization in food, feed and industry. In: R.J. Hillocks, J.M. Thresh & A.C. A.C. Bellotti, 2002. *Cassava: biology, production and utilization*. CABI, Wallingford, UK. pp. 281–300.

Suiker sorghum

- Bennett A.S. & R.P. Anex. 2009. Production, transportation and milling costs of sweet sorghum as a feedstock for centralized bioethanol production in the upper Midwest. *Bioresource Technology* 100(4):1595–1607.
- Hunter E.L. & I.C. Anderson. 1999. Sweet sorghum. *Horticultural Reviews* 21: 73–104.
- T.V. Balole & G.M. Legwaila, 2006. *Sorghum bicolor* (L.) Moench. [Internet] Record from Protabase. Brink, M. & Belay, G. (Editors). *PROTA (Plant Resources of Tropical Africa / Ressources végétales de l'Afrique tropicale)*, Wageningen, Netherlands. < <http://database.prota.org/search.htm>>. Accessed 29 April 2009.
- Victor D.M. & F.R. Miller. 1990. Assimilation, partitioning and nonstructural carbohydrates in sweet compared with grain sorghum. *Crop Science* 30: 109–115.
- European Biomass Industry Association. <http://www.eubia.org/193.0.html>
- Latin america thematic network on bioenergy LAMNET.
http://www.eubia.org/fileadmin/template/main/res/pdf/publications/04_Brochures_Leaflets/LAMNET%20-%20sweet%20sorghum.pdf
- Zhao Ya Li, Abdughani Dolat, Yosef Steinberger, Xin Wang, Amarjan Osman, Guang Hui Xie, 2009. Biomass yield and changes in chemical composition of sweet sorghum cultivars. grown for biofuel. *Field Crops Research* 111: 55–64.
- Gnansounou E., A. Dauriat & C.E. Wyman. 2005. Refining sweet sorghum to ethanol and sugar: economic trade-offs in the context of North China. *Bioresource Technology* 96: 985–1002.
- Elbersen B., E. Andersen, R. Bakker, R. van den Broek, P. Carey, K. van Diepen, W. Elbersen, M. van Eupen, J.A. Guldemond, A. Kool, B. Meuleman, G.J. Noij, J.R. Klein-Lankhorst, J. Wolf. 2005. *Bio-fuels Assessing the potential impact of large-scale biomass production on agricultural land use, farmland habitats and related biodiversity Part I: Main report* Reference: EEA/EAS/03/004
- CFC and ICRISAT. 2004. *Alternative uses of sorghum and pearl millet in Asia*. Proceedings of the expert meeting. ICRISAT, Patancheru, Andhra Pradesh, India, 1-4 July 2003. CFC Technical Paper No. 34. Common Funds for Commodities, Amsterdam, The Netherlands. 364 pp.
- Grassi G. 2004. *Modern Concept for Integrated Bio-fuels Production - Case Study ECHI-T Preliminary results - Dott. Giuliano Grassi EUBIA European Biomass Industry Association Rond Point Schuman, 6 1040 brussels -*

Belgium eubia@eubia.org - www.eubia.org
http://europa.eu.int/comm/research/energy/pdf/44_giuliano_grassi_en.pdf

- Jaisil, P. 2004. Alternative uses of cereals-methods and feasibility: Thailand perspective. In. CFC and ICRISAT: Alternative uses of sorghum and pearl millet in Asia. Proceedings of the expert meeting. ICRISAT, Patancheru, Andhra Pradesh, India, 1-4 July 2003. CFC Technical Paper No. 34. Common Funds for Commodities, Amsterdam, The Netherlands. 221-227
- Putnam D.H., W.E. Lueschen, B.K. Kanne & T.R. Hoverstad. 1991. A comparison of sweet sorghum cultivars and maize for ethanol production. *Journal of Production Agriculture*. 4(3): 377-381.
- Gosse Gh., A.M. Roman, V. Ion and Gh. Alexe. 1998. Researches on Sweet - Sorghum Productivity in The South Romanian Plain. *Technology in Asia and Oceania* 1998 183-183. <http://jsai.or.jp/afita/afita-conf/1998/P34.pdf>
- Stomph T., H. Lamers and W. Elbersen. 2006. Multiple use of Sweet Sorghum as an energy crop. A quickscan for the Biomassa-upstream stuurgroep.
- Reddy B.V.S. & P.S. Reddy, 2003. Sweet Sorghum: Characteristics and potential. ICRISAT Sorghum and Millet Newsletter 44:26-28.

Nipa palm

- Davis T.A. 1986. Nipapalm in Indonesia: a source of unlimited food and energy. *Indonesian Agricultural Research and Development Journal* 8: 38-44.
- Dennett J.H., 1927. Alcohol fuel and the nipah palm. A popular outline. *Malayan Agricultural Journal* 15: 443-445.
- Gopal B. & M. Chauhan. 2006. Biodiversity and its conservation in the Sundarban mangrove ecosystem. *Aquatic Sciences* 68(3): 338-354.
- Hamilton L.S. & D.H. Murphy. 1988. Use and management of nipapalm (*Nypa fruticans*, Arecaceae): a review. *Economic Botany* 42(2): 206-213.
- Päivöke A.E.A. 1985. Tapping practices and sap yields of the nipapalm (*Nypa fruticans*) in Papua New Guinea. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 13: 59-72.
- Päivöke A., M.R. Adams & D.R. Twiddy. 1984. Nipapalm vinegar in Papua New Guinea. *Process Biochemistry* 19: 84-87.
- Ukpong I.E. 1995. Vegetation and soil acidity of a mangrove swamp in southeastern Nigeria. *Soil Use and Management* 11(3): 141-144 .

Jatropha

- Achten WMJ, Verchot L, Franken YJ, Mathijs E, Singh VP, Aerts R, Muys B 2008. *Jatropha* bio-diesel production and use. (a literature review) *Biomass and Bioenergy* 32(12), 1063-1084.
- Daey Ouwens, K., G. Francis, Y.J. Franken, W. Rijssenbeek, A. Riedacker N. Foidl, R.E.E. Jongschaap, P.S. Bindraban, 2007. Position paper on *Jatropha curcas*. State of the art, small and large Scale Project Development. Expert seminar on *Jatropha curcas* L. Agronomy and genetics. 26-28 March 2007, Wageningen, the Netherlands. Published by FACT Foundation. http://www.fact-fuels.org/media_en/Position_Paper_on_Jatropha_Curcas.
- Heller, J. 1996. Promoting the conservation and use of underutilised and neglected crops; physic nut (*Jatropha curcas*) Final report, published by IPGRI, Rome
- Henning, R.K., 2002. Using the indigenous knowledge of *Jatropha*. The use of *Jatropha curcas* oil as raw material and fuel. *Indigenous Knowledge Notes*, 47, August. The World Bank, Washington, D.C. Available at: <http://www.worldbank.org/afr/ik/iknt47.pdf>.
- Jongschaap, R.E.E., W.J. Corré, P.S. Bindraban, W.A. Brandenburg. Claims and Facts on *Jatropha curcas* L. Global *Jatropha curcas* evaluation, breeding and propagation programme. Report 158, Plant Research International B.V., Wageningen, the Netherlands, 42 pp. http://www.fact-fuels.org/media_en/Claims_and_Facts_on_Jatropha_WUR
- Muys, B., A. Trabucco, W. Achten, E. Mathijs, J. van Orshoven, R. Zomer, L. Verchot, V. P. Singh. 2008. Global land suitability for sustainable *Jatropha* biofuel production. 4th International Conference on Renewable Resources & Biorefineries (RRBA), Rotterdam, June 2008.

Castor

- Elbersen, H.W., P. Bindraban, R. Blaauw, R. Jongman. 2008. Biodiesel from Brazil. Report for the Dutch Ministry of Agriculture, Nature and Food Quality. Wageningen, November, 2008.
- Bojean, A. 1991. Castor cultivation for chemical applications. Galileo/ONIDOL, s.l., France. 101 pp.
- Kolte, S.J. 1995. Castor: diseases and crop improvement. Shipra Publications, New Delhi India. 119 pp.
- Radcliffe-Smith, A. 1987. Euphorbiaceae (part 1). In: Polhill, R.M. (Editor). Flora of Tropical East Africa. A.A. Balkema, Rotterdam, Netherlands. 407 pp.
- Radcliffe-Smith, A. 1996. Euphorbiaceae, subfamilies Phyllantoideae, Oldfieldioideae, Acalyphoideae, Crotonoideae and Euphorbioideae, tribe Hippomaneae. In: Pope, G.V. (Editor). Flora Zambesiaca. Volume 9, part 4. Royal Botanic Gardens, Kew, Richmond, United Kingdom. pp. 1–337.
- Weiss, E.A. 2000. Oilseed crops. 2nd Edition. Blackwell Science, London, United Kingdom. 364 pp.
- Seegeler, C.J.P. & Oyen, L.P.A. 2001. *Ricinus communis* L. In: van der Vossen, H.A.M. & Umali, B.E. (Editors). Plant Resources of South-East Asia No 14. Vegetable oils and fats. Backhuys Publishers, Leiden, Netherlands. pp. 115–120.
- Tongoona, P. 1993. Castor (*Ricinus communis* L.) research and production prospects in Zimbabwe. Industrial Crops and Products 1: 235–239.

Kokos palm

- Arancon Jr, R.N. 1997. Asia-Pacific Forestry Sector Outlook Study: Focus on Coconut Wood. [Internet] FAO, Rome, Italy. http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/DOCREP/W7731E/w7731e07.htm. Accessed May 2006.
- Benjapornkulaphong, S., C. Ngamcharussrivichai & K. Bunyakiat. 2009. Al₂O₃-supported alkali and alkali earth metal oxides for transesterification of palm kernel oil and coconut oil. Chemical Engineering Journal 145(3): 468–474.
- Bourdeix, R., L. Baudouin, N. Billotte, J.P. Labouise & J.M. Noiret. 1997. Le Cocotier. In: Charrier, A., Jackot, M., Hamon, S. & Nicolas, D. (Editors). L'Amélioration des plantes tropicales. CIRAD & ORSTOM, Montpellier, France. pp. 217–239.
- Haas, A. & L. Wilson (Editors). 1985. Coconut wood: processing and use. FAO, Rome, Italy. 58 pp.
- Harrison, N. & Ph. Jones. 2003. Diseases of coconut. In: Ploetz, R.C. (Editor). Diseases of tropical fruit crops. CABI Publishing, Wallingford, United Kingdom. pp. 197–225.
- Lebrun, P., Y.-P. N'Cho, R. Bourdeix & L. Baudouin. 2003. Coconut. In: Hamon, P., Seguin, M., Perrier, X. & Glaszmann, J.Ch. (Editors). Genetic diversity of cultivated tropical plants. Science Publishers, Plymouth, United Kingdom & CIRAD, Montpellier, France. pp. 219–238.
- Marasigan, M.C. 2007. Philippine biodiesel initiatives. Annual Fuels and Lubes Asia Conference and Exhibition.
- Myo, T., K. Hamasaki, E. Kinoshita, Kitte, M. 2006. Diesel combustion characteristics of coconut oil methyl ester. Nihon Kikai Gakkai Ronbunshu, B Hen/Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers, Part B 72(3): 846–851.
- NN, 2008. Company: Pacific biofields plans project in the Philippines. Fuels and Lubes International 14 (4), pp. 44
- Ohler, J.G. (Editor), 1999. Modern coconut management, palm cultivation and products. Intermediate Technology Publications, London, United Kingdom. 458 pp.
- Rethinam, P., 2004. World coconut industry: past, present and future. Indian Coconut Journal 35(3): 3–14.

GAVE-programma

Deze publicatie is vervaardigd door het GAVE-programma. GAVE staat voor Gasvormige en Vloeibare Klimaatneutrale Energiedragers. Doel van het programma is de ontwikkeling en introductie van klimaatneutrale brandstoffen in de transportsector in Nederland te versnellen.

SenterNovem voert het GAVE-programma uit in opdracht van het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer in nauwe samenwerking met het Ministerie van Economische Zaken en het Ministerie van Verkeer en Waterstaat.

Meer informatie?

email: gave@senternovem.nl

Internet: www.senternovem.nl/gave



Ministerie van Volkshuisvesting,
Ruimtelijke Ordening en
Milieubeheer

Juliana van Stolberglaan 3
Postbus 93144
2500 AC Den Haag
Telefoon: 070 373 50 00
Telefax: 070 373 51 00

Catharijnesingel 59
Postbus 8242
3503 RE Utrecht
Telefoon: 030 239 34 93
Telefax: 030 231 64 01

Sweniboldstraat 21
Postbus 17
6130 AA Sittard
Telefoon: 046 420 22 02
Telefax: 046 452 82 60

Dokter van Deenweg 108
Postbus 10073
8000 GB Zwolle
Telefoon: 038 455 35 53
Telefax: 038 454 02 25

www.senternovem.nl
info@senternovem.nl
