

Marchetti, Mauro (1985) *Prospettive sulla valorizzazione degli oli estratti dalle piante come fonte di materie prime per l'industria chimica: le Euphorbie della Sardegna*. Bollettino della Società sarda di scienze naturali, Vol. 24 (1985), p. 87-103. ISSN 0392-6710.

<http://eprints.uniss.it/3289/>

ISSN: 0392-6710

VOL. XXIV

S. S. S. N.

1985

---

# BOLLETTINO

della

SOCIETÀ SARDA  
DI SCIENZE NATURALI

---

GALLIZZI - SASSARI - 1985

La Società Sarda di Scienze Naturali ha lo scopo d'incoraggiare e stimolare l'interesse per gli studi naturalistici, promuovere e sostenere tutte le iniziative atte alla conservazione dell'ambiente e costituire infine un Museo Naturalistico Sardo.

S.S.S.N.  
SOCIETÀ SARDA di SCIENZE NATURALI

Via Muroli, 25 - 07100 Sassari.

CONSIGLIO DIRETTIVO (1983-1985)

*Presidente:* Franca Valsecchi.

*Segretario:* Bruno Corrias.

*Consiglieri:* Giovanni Cordella, Franca Dalmasso, Paolo Roberto Federici,  
Maria Pala.

*Revisori dei Conti:* Aurelia Castiglia, Enrico Pugliatti, Giovanni M. Testa.

*Collegio Probiviri:* Tullio Dolcher, Giovanni Manunta, Vico Mossa.

*Consulenti editoriali per il XXIV Volume:*

Prof. Pier Virgilio ARRIGONI (Firenze)  
Prof. Paolo BALDACCINI (Sassari)  
Prof. Daria BERTOLANI MARCHETTI (Modena)  
Prof. Carlo BOTTEGHI (Venezia)  
Prof. Antonello CROVETTI (Pisa)  
Prof. Paolo Roberto FEDERICI (Pisa)  
Prof. Anna FONTANA (Torino)  
Prof. Anastasios KOTSAKIS (Roma)  
Prof. Elena MENESINI (Pisa)  
Prof. Rosario MOSELLO (Pallanza)  
Prof. Enio NARDI (Firenze)  
Prof. Umberto TOSCO (Torino)

Direttore Responsabile e Redattore  
Prof. FRANCA VALSECCHI

---

*Autorizzazione Tribunale di Sassari n. 70 del 29.V.1968*

## **Prospettive sulla valorizzazione degli olii estratti dalle piante come fonte di materie prime per l'industria chimica: le Euphorbie della Sardegna**

**MAURO MARCHETTI**

Istituto per l'Applicazione delle Tecniche Chimiche  
Avanzate dai Problemi Agrobiologici - C.N.R.  
Via Vienna, 2 - 07100 Sassari

Marchetti M., 1985 - **Prospects of utilization as potential chemical feedstocks of oils derived from plants: the Sardinian Euphorbiae.** Boll. Soc. Sarda Sci. Nat., 24: 87-103.

In the present paper the Author describes the research carried out at the University of Sassari on the utilization as fuels or chemical feedstocks of oils derived from plants. Examination of the results obtained with oils derived from *Euphorbiae* vegetating in Sardinia suggests to orient the studies toward the isolation of fine chemicals rather than toward the utilization as fuels, directly or after pyrolysis. This conclusion is supported by the comparison of data on three Sardinian *Euphorbiae* and by considerations on the Sardinian land.

**KEY WORDS:** *Euphorbia*, Sardinia, Oil.

### **INTRODUZIONE**

Da tempo immemorabile le piante sono sfruttate dall'uomo sia come fonte energetica (legno, carbone di legna) che come fonte di prodotti chimici commerciali (Tab. 1) (HOFFMANN, 1983). Con l'avvento dell'era del petrolio è diminuita l'utilizzazione del legno come combustibile, ed anche molti dei prodotti chimici di origine vegetale, come elastomeri, antiossidanti, cere, prodotti farmaceutici naturali, ecc., sono stati sostituiti da derivati petrolchimici; negli ultimi anni tuttavia si è sentita a livello mondiale l'esigenza di riconsiderare attentamente tutte le fonti alternative di energia e di prodotti chimici con il preciso scopo di preservare, almeno in parte, le attuali fonti primarie.

La crisi petrolifera del 1973 pose drammaticamente in risalto il problema dell'approvvigionamento energetico da fonti non rinno-

vabili o dislocate solo in particolari zone geografiche e portò a rivalutare altre fonti di energia (carbone, gas naturale, energia geotermica, idrica, eolica, solare), così che da più parti ci furono spinte alla ricerca di modi razionali per il loro sfruttamento. Fu in quest'ottica che alcuni ricercatori americani tra cui il premio Nobel per la chimica Melvin Calvin si dedicarono a ricerche sulle piante come fonte di energia rinnovabile (CALVIN, 1974; CALVIN, 1977; CALVIN, 1978). Infatti fu il pensare alle piante come laboratori naturali capaci di utilizzare l'energia solare per la riduzione della CO<sub>2</sub> per dare, generalmente carboidrati, ma in qualche caso anche idrocarburi (Fig. 1) (CALVIN, 1978), ad indirizzare le ricerche verso l'utilizzazione delle piante «produttrici di idrocarburi».

**Tab. 1** - Prodotti commerciali derivati dalle piante

Prodotti naturali	Classe di appartenenza	Applicazione industriale
Cere	Alcani	Rivestimenti
Olio di semi	Acidi grassi, trigliceridi	Rivestimenti, cibo
Trementina	Monoterpeni	Solventi, rivestimenti
Olii essenziali	Mono/sesquiterpeni	Aromi, sapori
Pece greca	Diterpeni	Prodotti industria resiniera
Resina dura	Triterpeni	Adesivi, rivestimenti
Saponine/steroli	Triterpeni	Prodotti farmaceutici
Coloranti	Chinoni, flavoni	Cibo, industria tessile, pigmenti
Tannini	Polifenoli	Industria conciaria
Piretro	Terpeni modificati	Insetticidi
Guttaperca	Poliisoprenoidi	Cibo, isolanti acustici
Gomma	Poliisoprene	Pneumatici
Resine/pectina	Polisaccaridi	Cibo, rivestimenti, prodotti farmaceutici
Alcaloidi	Composti azotati	Prodotti farmaceutici
Cellulosa	Polisaccaridi	Carta, fibre tessili
Amido	Polisaccaridi	Cibo

Piante di questo tipo crescevano già spontaneamente in zone aride, semiaride e/o marginali di tutto il mondo, tra le varie famiglie vegetali prese in considerazione risultò particolarmente attraente quella delle *Euphorbiaceae*. Il lattice prodotto in quantità considerevole da alcune specie del genere *Euphorbia* non contiene praticamente gomme, ma idrocarburi aventi peso molecolare relativamente basso (300 ÷ 600). Tra le varie euforbie la *E. lathyris* L. dimostrò subito essere la più promettente, in quanto un accurata ricerca condotta dalla *Diamond Shamrock Corporation* in collaborazione con l'Uni-



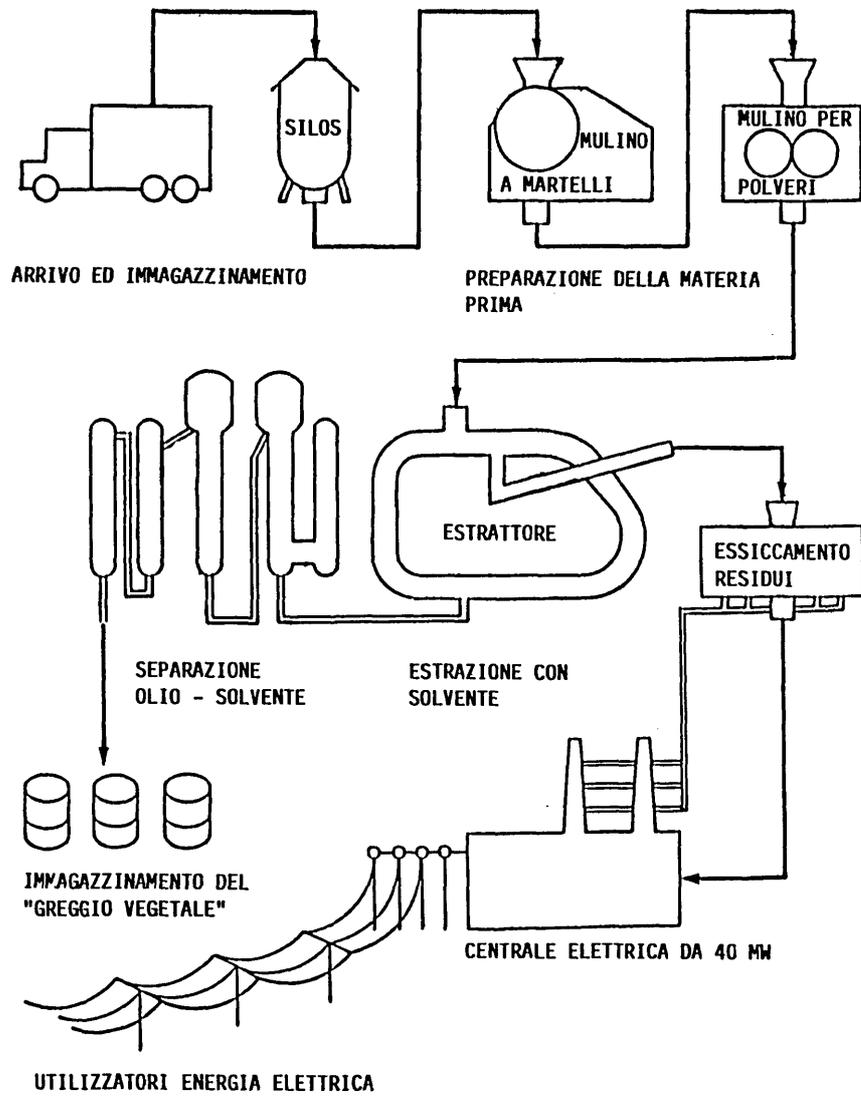


Fig. 2 - Schema di processo per l'ottenimento di «petrolio vegetale» da biomasse di euforbie.

b) messa a punto di tecniche di estrazione e di manipolazione degli olii;

c) accurata valutazione del fattore economico.

Il punto *a* è stato ben approfondito da B.E. Kingsolver, che in un recente lavoro (KINGSOLVER, 1982) ha descritto gli studi coltivazione fatti su semi di *E. lathyris* L. provenienti da 39 località del mondo. Tra questi semi ne erano presenti 226 provenienti dalla Sardegna inviati negli U.S.A. dall'Istituto di Botanica dell'Università di Sassari.

Lo studio di cui al punto *b* è stato rivolto all'ottimizzazione dei metodi tradizionali di estrazione, così da ottenere olio grezzo dalle piante: lo schema operativo è illustrato in Fig. 3 (HINMAN, 1980).

Per quanto riguarda il punto *c* l'opinione degli studiosi è discordante; dopo l'entusiasmo iniziale verificatosi soprattutto sotto la spinta delle ottimistiche previsioni di Calvin una più accurata valutazione ha portato a risultati più riduttivi: per esempio, in un'ampia rassegna critica sulle varie esperienze nella coltivazione e nell'estrazione della *E. lathyris* L., Ward (WARD, 1981) ha raccolto dati economici da varie ed accreditate fonti (Tab. 2), giungendo a conclusioni poco ottimistiche sulle possibilità future di utilizzare tali piante come fonte alternativa di idrocarburi. Sono stati proprio questi parziali insuccessi a spingere i ricercatori a riconsiderare le euforbie non solo come produttrici di «petrolio vegetale», ma anche e soprattutto come fonte di prodotti chimici.

Tab. 2 - Costi di produzione dell'olio dall'euforbia *lathyris* (California)

	Calvin (1977)	SRI (1979)	SRI (1980) <sup>a</sup>
<i>Costi di produzione del raccolto</i>			
\$/ettaro	375	1400	1400
\$/t di olio		670	da 1500 a 1800
\$/barile	10	90	da 255 a 270
<i>Costi di lavorazione</i>			
\$/barile	10		
\$/barile senza sottoprodotti		55	80
con introiti da sottoprodotti		36	38
<i>Costi totali</i>			
\$/barile	20	da 126 a 145	da 293 a 350

<sup>a</sup> Dati sulla resa del raccolto modificati in base ai dati di Sacks 1981 sulle rese.

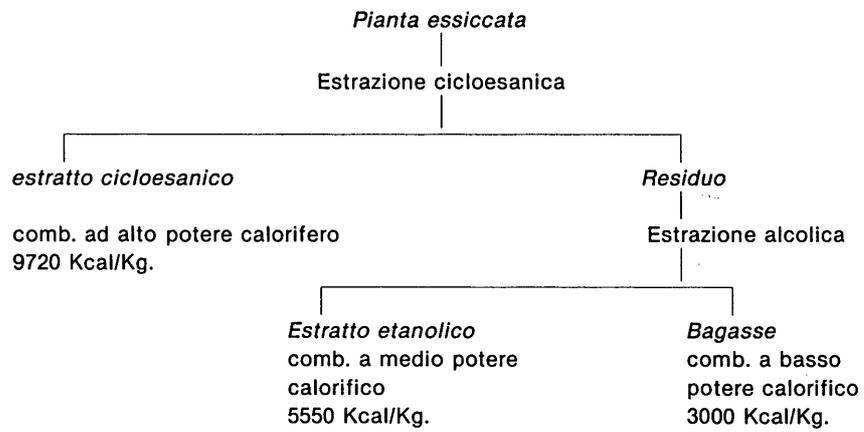


Fig. 3 - Schema di estrazione industriale della *E. lathyris* L.

### EUFORBIE COME FONTE DI MATERIE PRIME PER L'INDUSTRIA CHIMICA

Dalle piante, oltre ai prodotti chimici tradizionali (Tab. 1), si possono ricavare materie prime sostitutive per la preparazione di tipici prodotti derivati dalla petrolchimica (Fig. 4) (HOFFMANN, 1983). Le euforbie non sono state le sole piante prese in considerazione per questo tipo di applicazione; infatti un certo numero di specie vegetali che crescono in aree marginali e desertiche sono già correntemente utilizzate per la produzione di prodotti chimici (Tab. 3) (HOFFMANN, 1983). In alcuni casi la scala di produzione è abbastanza grande: per esempio, in U.S.A. vengono ricavati 60 milioni di Kg/anno di olio di ricino (Wittcoff e Reuben, 1980); la norma è comunque quella di estrarre dalle piante prodotti più specifici anche se presenti in quantità relativamente modeste (PARODA, 1979; CAMPOS-LOPEZ e ROMAN-ALEMANY, 1980). Per questo scopo le euforbie ed in particolare l'*E. lathyris* L. sembrano particolarmente vantaggiose in quanto il loro olio costituisce una vera e propria sorgente rinnovabile per l'industria chimica cosmetica e farmaceutica: ad esempio, la miscela  $\beta$ -sitosterolo ÷ stigmasterolo presente nella frazione insaponificabile degli oli di euforbia può fornire progesterone secondo lo schema riportato in Fig. 5 (LENZ, 1983).

**Tab. 3** - Prodotti chimici ottenuti da alcune piante del deserto

Nome della pianta	Uso/prodotto
<i>Acacia farnesiana</i>	Oli essenziali, tannini
<i>Acacia senegal</i> <sup>a</sup>	Gomma arabica
<i>Asclepias subulata</i>	Gomma
<i>Bunium persicum</i> <sup>a</sup>	Oli essenziali
<i>Chrysothamnus nauseosus</i>	Gomma
<i>Citrullus colocynthis</i> <sup>a</sup>	Saponi
<i>Cucumis prophetarum</i> <sup>a</sup>	Oli essenziali
<i>Cymbopogon martinis</i> <sup>a</sup>	Oli essenziali
<i>Cyomopsis tetragonoloba</i> <sup>a</sup>	Gomma guar
<i>Eucalyptus species</i> <sup>a</sup>	Oli essenziali
<i>Euphorbia antisyphilitica</i> <sup>a</sup>	Cera
<i>Larrea tridentata</i>	Resine fenoliche, Fungicidi, Antiossidanti
<i>Lesquerella species</i>	Acidi grassi idrossilati
<i>Parthenium argentatum</i>	Gomma
<i>Plantago ovata</i> <sup>a</sup>	Idrocolloidi
<i>Simmondsia chinensis</i>	Cera liquida
<i>Sesamum indicum</i>	Olio di semi

<sup>a</sup> I prodotti derivati sono in commercio.

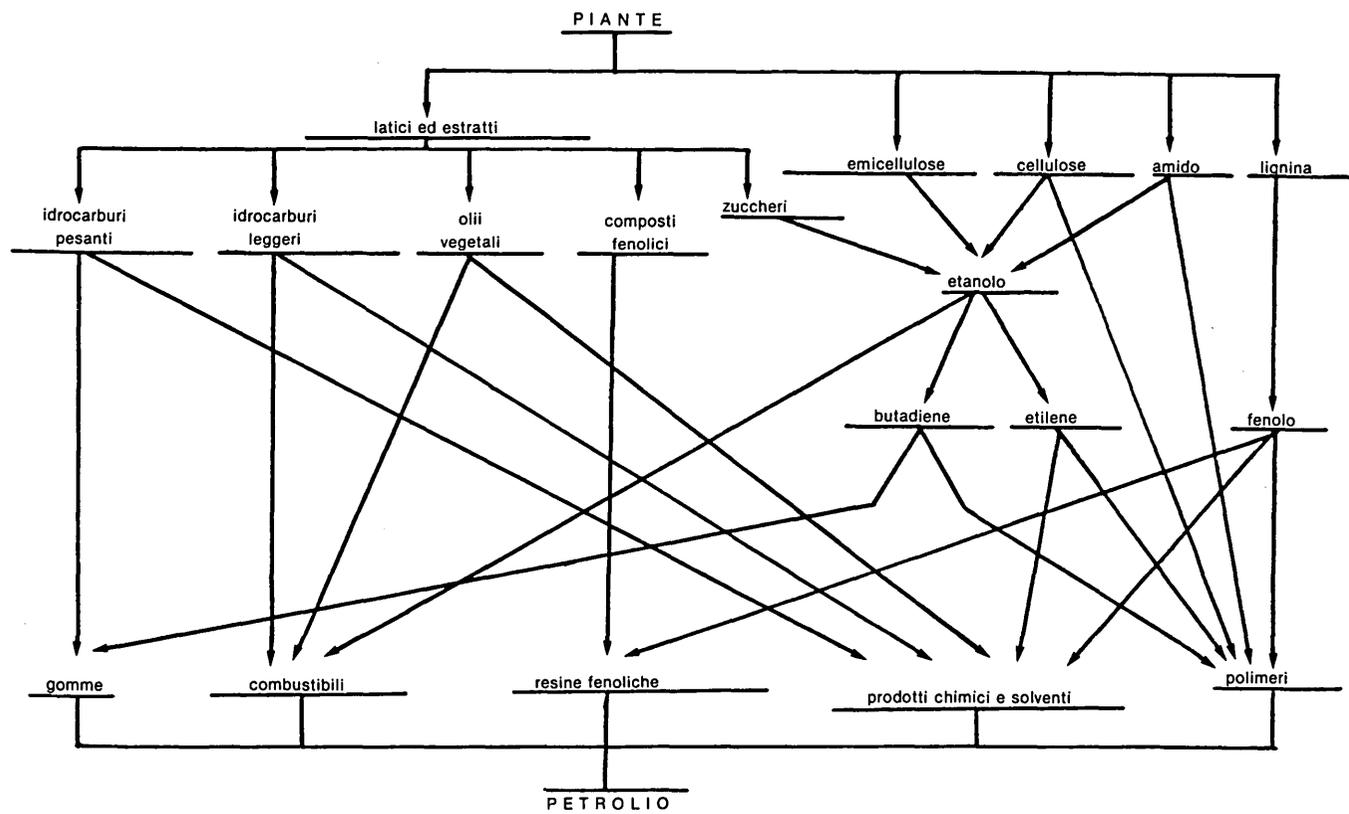


Fig. 4 - Prodotti petrolchimici ottenibili dalle piante.

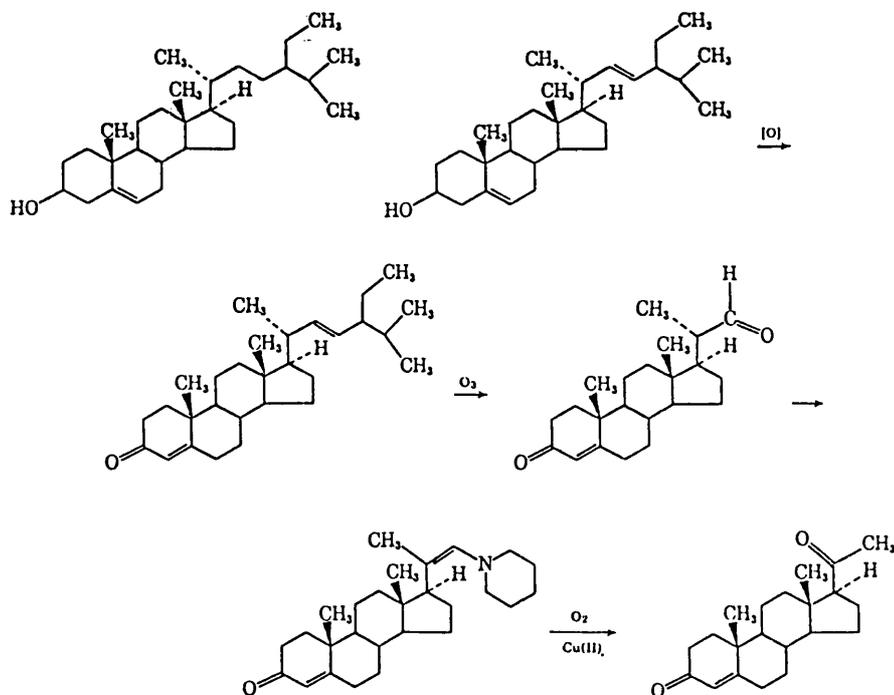


Fig. 5 - Sintesi del progesterone dalla miscela  $\beta$ -sitosterolo, stigmasterolo.

#### EUFORBIE DELLA SARDEGNA

In Sardegna sono presenti 25 specie e 2 sottospecie di euforbie (PIGNATTI, 1982) alcune di queste, come *E. characias* L. e *E. dendroides* L. sono elementi caratteristici della macchia mediterranea; altre come *E. helioscopia* L. e *E. cupanii* Guss. vivono in ambienti ruderali, mentre alcune come *E. lagascae* Sprengel e *E. pinea* L., sono rare (Tab. 4).

Su alcune euforbie della Sardegna sono state condotte da Istituti Universitari dell'isola delle ricerche allo scopo di estrarre prodotti chimici.

Le specie finora studiate presso l'Università di Sassari sono tre *E. lathyris* L., *E. characias* L. e *E. dendroides* L.; le ricerche sono state condotte in collaborazione dai ricercatori dell'Istituto di Chimica Applicata dell'Università di Sassari e da quelli dell'Istituto per

l'Applicazione delle Tecniche Chimiche Avanzate ai Problemi Agrobiologici del C.N.R., con il contributo finanziario dell'Assessorato all'Industria della Regione Autonoma della Sardegna.

Tab. 4 - Euforbie presenti in Sardegna secondo PIGNATTI (1982)

Nome	Habitat	Altezza cm	Ciclo veg. <sup>a</sup>
<i>E. akenocarpa</i> Guss	Prati argillosi umidi	20 - 70	A
<i>E. chamaesyce</i> L.	Terreni incolti, giardini	5 - 30	A
<i>E. characias</i> L.	Lecce, macchie, discariche	60 - 120	P
<i>E. cuneifolia</i> Guss	Pascoli umidi	10 - 20	A
<i>E. dendroides</i> L.	Rupi costiere calcaree	100 - 300	P
<i>E. exigua</i> L.	Macchie, terreni acidi	4 - 25	A
<i>E. falcata</i> L.	Campi, terreni aridi	8 - 30	A
<i>E. helioscopia</i> L.	Terreni incolti, pascoli	10 - 40	A
<i>E. humifusa</i> Willd	Terreni incolti, selciati	5 - 15	A
<i>E. hyberna</i> L.	Boscaglie, forre ombrose	30 - 60	P
<i>E. lagascae</i> Sprengel	Orti, campi	10 - 45	A
<i>E. lathyris</i> L.	Orti, ruderi	20 - 150	B
<i>E. maculata</i> L.	Selciati, terreni incolti	5 - 20	A
<i>E. paralias</i> L.	Litorali, dune marine	30 - 60	P
<i>E. peplis</i> L.	Litorali, spiagge	5 - 20	A
<i>E. peplus</i> L.	Orti, ruderi	10 - 40	P
<i>E. pinea</i> L.	Rupi marittime, spiagge	10 - 40	P
<i>E. pithyusa</i> L.	Scogliere, rupi marittime	10 - 90	P
<i>ssp. cupanii</i> Guss	Pascoli, ambiente montano	50 - 90	P
<i>ssp. pithyusa</i> L.	Litorali, rupi marittime	10 - 50	P
<i>E. platyphyllos</i> L.	Terreni umidi	30 - 90	A
<i>E. pterococca</i> Brot	Terreni incolti aridi	10 - 30	A
<i>E. pubescens</i> Vahl	Rive, sponde, terreni umidi	30 - 80	P
<i>E. semiperfoliata</i> Viv	Boschi di latifoglie	30 - 60	B
<i>E. serrata</i> L.	Terreni incolti, macchie	20 - 50	P
<i>E. spinosa</i> L.	Rupi, terreni aridi sassosi	10 - 25	P
<i>E. terracina</i> L.	Terreni aridi, spiagge	10 - 50	A, B, P

<sup>a</sup> A = annuale, B = biennale, P = perenne.

La scelta delle euforbie da sottoporre agli studi è stata eseguita secondo i seguenti criteri:

- 1) *E. lathyris* L.: verifica della quantità e della composizione degli olii, confronto dei risultati con i numerosi dati di letteratura sulla stessa specie vegetante in America e verifica dell'efficacia delle metodiche estrattive ed analitiche;
- 2) *E. characias* L.: grande diffusione sul territorio e dimensioni semiarborescenti;
- 3) *E. dendroides* L.: grande diffusione sul territorio, con formazione

di estese macchie che ne rendono agevole il raccolto, e dimensioni decisamente arbustive.

Presso l'Università di Cagliari è stata studiata l'*E. characias* L. (RINALDI, 1982; FLORIS; 1983) dal lattice della quale è stata isolata una diammino ossidasi.

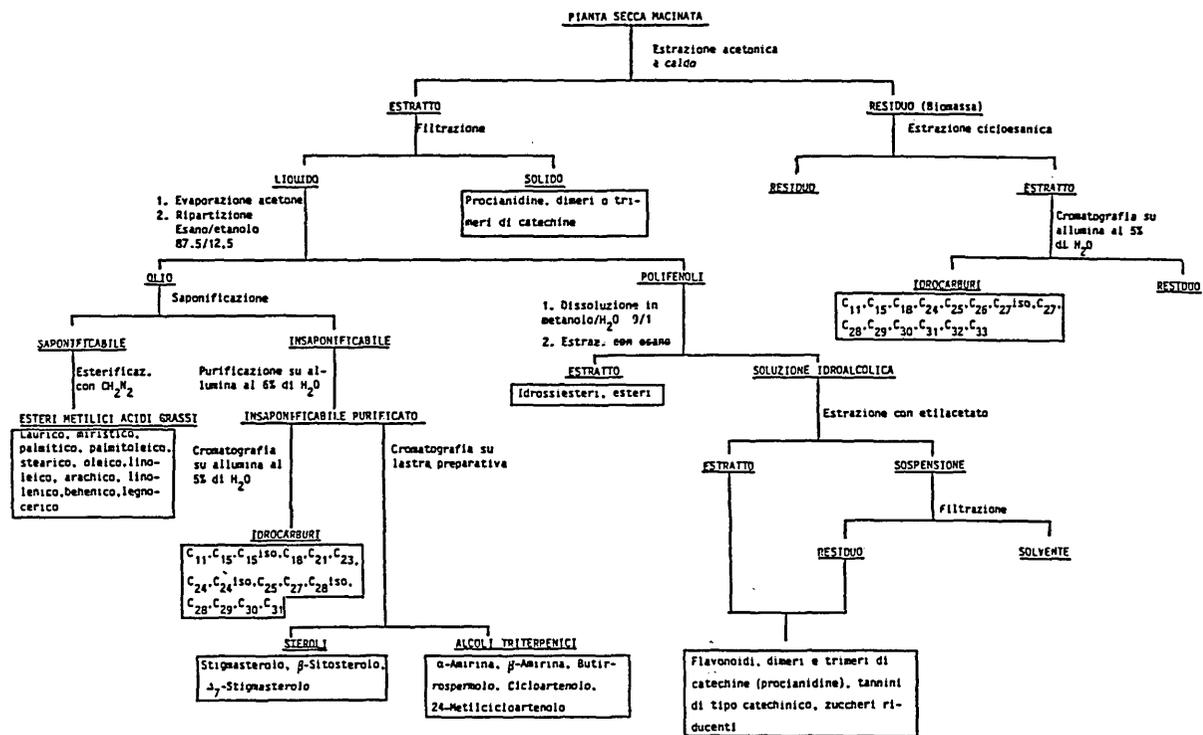
#### RISULTATI DELLE ESTRAZIONI CON SOLVENTE DA EUFORBIE DELLA SARDEGNA

Gli studi hanno comportato la raccolta delle piante allo stato naturale in vari luoghi della Sardegna, l'essiccamento e la macinazione del materiale, l'estrazione in continuo con solvente a caldo degli olii e la caratterizzazione dei prodotti eseguita secondo lo schema riportato in Fig. 6.

In Tab. 5 (CONTI, 1983; Usai, comunicazione verbale) sono riportati alcuni risultati che indicano marcate differenze tra gli estratti delle piante esaminate; infatti, anche se la loro quantità è molto simile nelle tre specie (dall'11,5% al 13,5% sulla pianta secca), la composizione è diversa: mentre nella *E. lathyris* L. la percentuale di olio presente nell'estratto è pari al 74% nella *E. characias* L. scende al 55% e nella *E. dendroides* L. al 30%, cosicché il rapporto olio/polifenoli diviene rispettivamente 2,5, 1,25 e 0,45, con una netta predominanza dei polifenoli nell'*E. dendroides* L. Questa differenza è rimarchevole, ma non è la sola: anche la composizione delle singole frazioni presenta alcune differenze; in particolare la composizione della frazione sterolica dell'*E. characias* L. mostra la sola presenza del

Tab. 5 - Componenti principali in euforbie vegetanti in Sardegna

	in <i>E. lathyris</i> L. % su peso secco	in <i>E. characias</i> L. % su peso secco	in <i>E. dendroides</i> L. % su peso secco
Estratto acetoneo	11,50	13,50	11,80
Estratto cicloesano	0,50	0,50	0,20
Polifenoli	3,40	6,00	8,10
Olio	8,50	7,50	3,60
Saponificabile	2,50	2,03	1,44
Insaponificabile	4,54	4,15	2,01
Idrocarburi	0,92	0,79	0,23
Steroli	0,1	0,1	0,32
Alcoli triterpenici	3,78	3,21	1,28

Fig. 6 - Estrazione e caratterizzazione dell'olio di *E. dendroides* L.

$\beta$ -sitosterolo che nella *E. lathyris* L. e nella *E. dendroides* L. è invece il componente piú impórtante di una frazione piú complessa (Tab. 6).

**Tab. 6** - Percentuali dei principali steroli presenti in euforbie vegetanti in Sardegna

	Campesterolo (%)	$\beta$ -sitosterolo (%)	Stigmasterolo (%)	$\Delta_7$ -Stigmasterolo
<i>E. lathyris</i> L.	8	80	8	4
<i>E. characias</i> L.	—	100	—	—
<i>E. dendroides</i> L.	—	75	6	19

Nel corso dello studio sull'*E. dendroides* L. si è resa necessaria anche una piú attenta valutazione della frazione polifenolica, data la sua alta percentuale negli estratti. Da studi condotti su altre piante si conoscono numerose utilizzazioni di questi composti (Fig. 7) (RAWLS, 1983); tra queste sembrano particolarmente interessanti nel caso delle euforbie e per tanto degne di un adeguato studio applicativo le seguenti:

- condensazione con formaldeide a dare resine fenolformaldeidiche;
- idrogenolisi a dare fenoli semplici;
- uso diretto come concianti per pelli.

Come estensione dello studio sugli aspetti applicativi degli estratti di euforbia, in analogia con dati di letteratura (HINMAN, 1980), l'olio di *E. characias* L. è stato sottoposto a *cracking* catalitico su zeolite a 450°C in corrente di azoto (CONTI e CARIA, 1983). I risultati (Tab. 7) confermano il ruolo alternativo dell'olio di questa specie di eu-

**Tab. 7** - Caratteristiche dei prodotti di pirolisi

Comp. del gas di pirolisi	%	Comp. olio di pirolisi	%
Metano	4,56	Idroc. saturi	57,15
Etilene	4,08	Aromatici	28,55
Etano	2,86	Polari	9,50
Propilene	19,72	Ins. in pentano	4,80
Propano	4,36	Coke	3,81
Isobutano	1,53		
Butene 1 + Iso	22,57		
n-butano	1,95		
Butene 2 trans	6,93		
Butene 2 cis	5,58		
sup. a C	25,81		

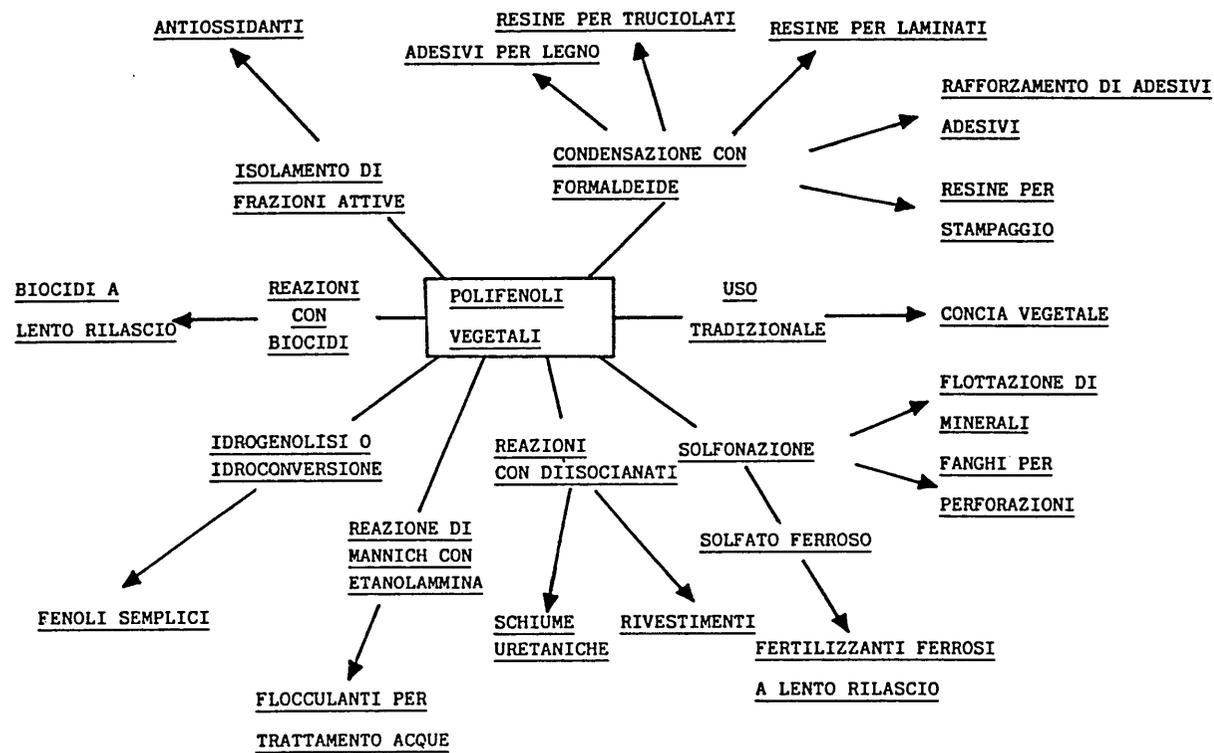


Fig. 7 - Possibili utilizzazioni dei polifenoli di origine vegetale.

forbia come valida materia prima per l'ottenimento di prodotti chimici di base secondo tecnologie tradizionali: infatti, la composizione del prodotto di pirolisi non è molto diversa da quella ottenuta in analoghe condizioni nel *cracking* degli olii di *E. lathyris* L.

## CONCLUSIONI

È indubbio che lo sviluppo di processi per l'ottenimento di materie prime per l'industria chimica potrebbe significare, riconsiderando la filosofia degli inizi e proiettandola in un futuro non lontano, il risparmio di petrolio e gas naturale; in quest'ottica, tenuto conto che il territorio sardo non possiede distese pianeggianti di terre incolte sufficientemente estese per giustificare una coltivazione di tipo «energetico» (CALVIN, 1977), è parere dell'autore che l'estrazione dalle piante di prodotti chimici ad alto valore aggiunto potrebbe rappresentare una valida possibilità per la realtà dell'Isola.

In futuro utilizzando opportunamente sia le varie frazioni estratte che la biomassa residua (quest'ultima, ad esempio come integrazione per mangimi o dopo trasformazione biologica come fonte di nuovi prodotti chimici) si potrebbe pervenire ad una soluzione integrata economicamente valida come quella proposta da J.J. Hoffmann (Fig. 8) (HOFFMANN, 1982).

In conclusione, studiandone opportunamente l'aspetto agricolo ed affinando le tecnologie di estrazione e purificazione dei vari prodotti, le euforbie potrebbero rappresentare una valida soluzione per lo sfruttamento dei terreni marginali di cui è ricca la Sardegna: infatti, su una superficie di 2.400.000 ettari solo 850.000 sono occupati da colture produttive o boschi (ANNUARIO DI STATISTICA ITALIANA, 1981); il rimanente (1.550.000 ettari) è costituito da pascoli o incolti.

## Riassunto

Nel presente lavoro l'Autore descrive la situazione degli studi, degli ultimi dieci anni, sullo sfruttamento delle euforbie in particolare come fonte di combustibili e di materie prime per l'industria chimica. Descrive inoltre le ricerche sulle euforbie della Sardegna, illustrando risultati e prospettive.

PAROLE CHIAVE: *Euphorbia*, Sardegna, Oli.

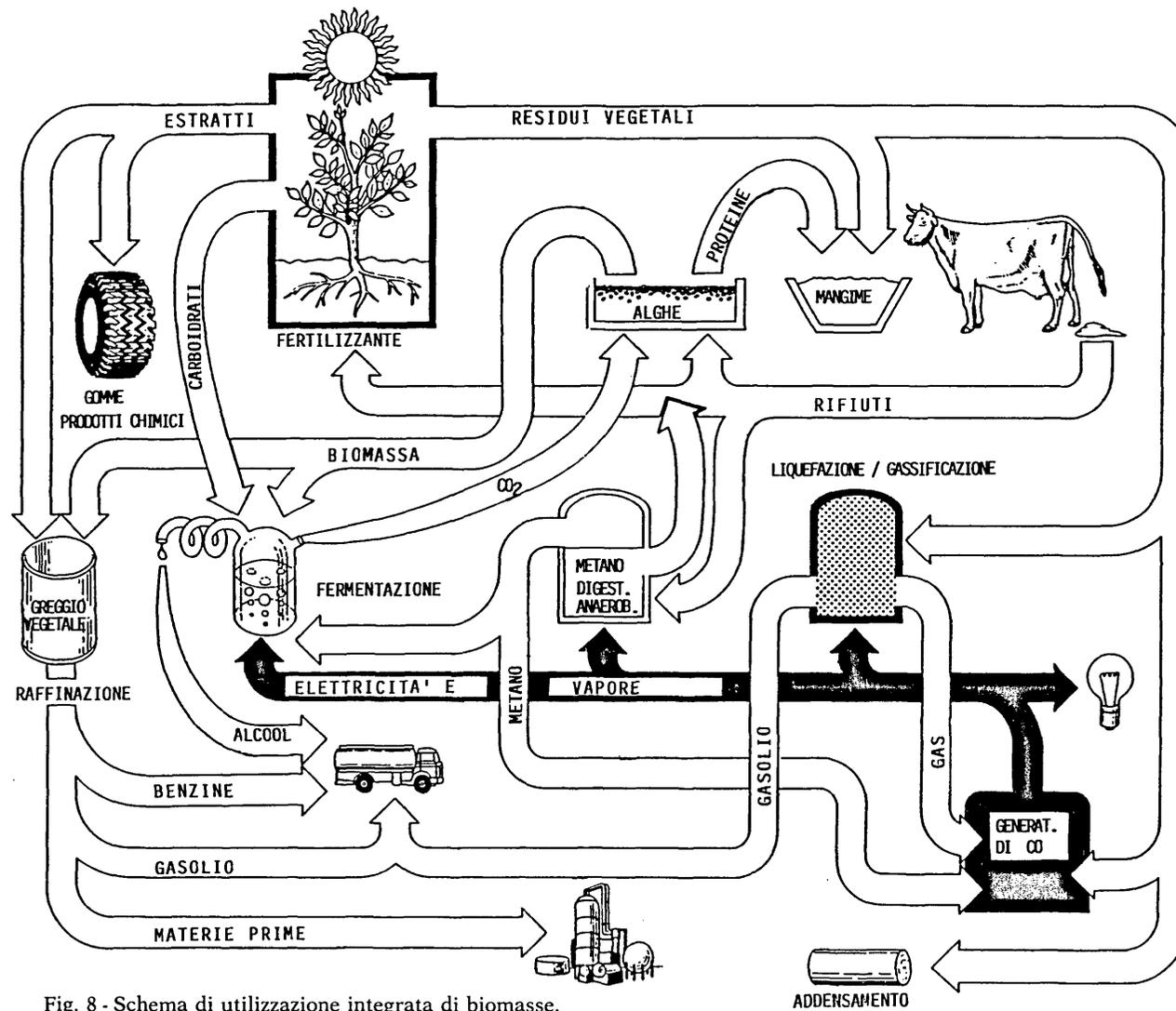


Fig. 8 - Schema di utilizzazione integrata di biomasse.

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- CALVIN M., 1974 - Solar energy by photosynthesis. *Science*, **184**: 375-381.
- CALVIN M., 1977 - The sunny side of the future. *Chem. Tech*, **7**: 352-363.
- CALVIN M., 1978 - Green factories. *Chem. Eng.*, **20**: 30-36.
- CALVIN M., 1978 - Hydrocarbons via photosynthesis. *Int. J. Energy Res.*, **1**: 299-318.
- CAMPOS-LOPEZ E., ROMAN-ALEMANY A., 1980 - Organic chemicals from the Chihuahuan desert. *J. Agric. food chem.*, **28**: 171-180.
- CONTI L. et al., 1983 - Characterization of extractables from two Sardinian *Euphorbiae*. *La Chimica e l'Industria*, **65**: 753-757.
- CONTI L., CARTA P., 1983 - Il carcking di Ephorbiacees. *Tecnologie Chimiche*, **3**: 82-83.
- FLORIS G. et al., 1983 - Essential sulfhydryl groups in diamine oxidase from *Euphorbia characias* latex. *Arch. Biochem. Biophys.*, **220**: 623-627.
- HINMAN C.W. et al., 1980 - Hydrocarbon production from arid land plant species. *Annual meeting, Amer. Sect. Int. Solar Energy Soc. Proc.*, **3**: 110-114.
- HOFFMANN J.J., 1982 - *The bioenergy research facility*. Opuscolo dell'Università dell'Arizona, Office of Arid Lands Studies.
- HOFFMANN J.J., 1983 - *Arid lands plants as feedstocks for fuels and chemical*. CRC Critical Reviews in Plant Sciences, Editor: B.V. Conger: 95-116.
- KINGSOLVER B.E., 1982 - *Euphorbia lathyris* reconsidered: its potential as an energy crop for arid lands. *Biomass*, **2**: 281-298.
- LENZ G.R., 1983 - *Steroids*. *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*, third edition, vol. 21, Eds. J. Wiley & sons, New York.
- Mc LAUGHLIN S.P., HOFFMANN J.J., 1982 - Survey of biocrude-producing plants from the Southwest. *Economic Botany*, **36**: 323-339.
- Mc LAUGHLIN S.P. et al., 1983 - Biocrude production in arid lands. *Economic Botany*, **37**: 150-158.
- PARODA R.S., 1979 - *Plant resources of indian arid zones for industrial uses*. *Arid land plant resources*, Goodin J.R. and Northington D.K. Ed. Texas Tech. University Press, Lubbock: 261-319.
- PIGNATTI S., 1982 - *Flora d'Italia*. **2**: 31, Edagricole, Bologna.
- RAWLS R., 1983 - *Crops sought as high chemical energy source*. C. & En.: 20.
- RINALDI A. et al., 1982 - Purification and properties of diammine oxidase from *Euphorbia* latex. *Eur. J. Biochem.* **127**: 417-422.
- WARD R.F., 1982 - *Euphorbia* - Is it source of hydrocarbons in the future?, *Solar Energy*, **29**: 83-86.
- WITTCOFF H.A., REUBEN B.G., 1980 - *Industrial organic chemicals in perspective* - Part. 1: 142, Eds. J. Wiley & sons, New York.

## Ringraziamenti

L'Autore ringrazia il Prof. L. Conti per l'incoraggiamento alla realizzazione del presente lavoro ed i Proff. G. Melloni e C. Botteghi per la lettura critica del testo e gli utili suggerimenti per la stesura definitiva.