

ATTI
DELLA
REALE ACCADEMIA DEI LINCEI

ANNO CCCIX.

1912

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XXI.

1° SEMESTRE.



ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL CAV. V. SALVIUCCI

1912

mano che la potenza degli strumenti si sarebbe accresciuta. E su questo punto tornavo con maggiore insistenza nel 1897 in altra mia pubblicazione ⁽¹⁾, il cui scopo precipuo era di confutare il risultato a cui era pervenuto il compianto dott. Rebeur-Paschwitz anche per le scosse di Zante del 1893, e cioè che la velocità superficiale dovesse andare considerevolmente aumentando colla distanza dall'epicentro.

La notevolissima discordanza tra il valore della velocità dedotta per le scosse del 1893 e quello che vien fuori per la scossa avvenuta da pochi giorni nell'isola di Zante, viene ancora a confermare la giustezza del mio modo di vedere espresso fin dal 1897 contro l'altra opinione del Rebeur-Paschwitz, che cioè in occasione delle scosse di Zante del 1893 le ore del principio delle perturbazioni determinate nel suo pendolo orizzontale, installato a Strasburgo, rappresentassero verosimilmente il passaggio delle primissime onde sismiche, e che anche con istrumenti, dotati d'una sensibilità grande quanto si voglia, si sarebbero ottenuti gli stessi risultati.

Chimica agraria. — *Sulla composizione chimica dell'embrione del riso* ⁽¹⁾. Nota di LUIGI BERNARDINI, presentata dal Socio E. PATERNO.

Un contributo importante allo sviluppo della Chimica agraria e della Biochimica vegetale in particolar modo, è stato portato dalle numerose ricerche eseguite sulla composizione chimica delle diverse parti della pianta. Fra i diversi organi della pianta il seme è stato quello più studiato: e ciò è naturale, se si considera l'importante significato fisiologico ed agrario che ha quest'organo; ma, se la composizione chimica dei semi della massima parte delle piante verdi può dirsi ormai conosciuta, attualmente mancano ricerche sulla composizione chimica dell'embrione, sebbene la conoscenza della composizione chimica di quest'organo, in cui è il germe della pianta futura, abbia un'importanza, per la biologia del vegetale, maggiore di quella del seme.

La mancanza di ricerche sulla composizione chimica dell'embrione deve essere ricercata esclusivamente nella difficoltà di poter separare intatto questo organo dal seme in quantità sufficiente per l'indagine chimica. Ora, poichè dai prodotti della lavorazione del riso l'embrione del seme può essere otte-

⁽¹⁾ G. Agamennone, *Influenza della diversa qualità e sensibilità degli strumenti sulla misura della velocità delle onde sismiche* (Boll. della Soc. Sism. Ital., vol. II, anno 1896, pag. 203).

⁽²⁾ Lavoro eseguito nel Laboratorio di Chimica agraria della R. Scuola Superiore di agricoltura, in Portici.

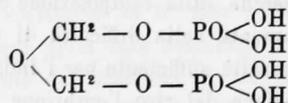
nuto in quantità notevoli, ho eseguito alcune ricerche sulla composizione chimica dell'embrione del riso.

Il riso, per giungere a quel grado di lavorazione che le esigenze commerciali richiedono, ha bisogno di una serie successiva di operazioni che hanno per scopo di liberare dei suoi rivestimenti il seme del cereale. Durante queste operazioni l'embrione è distaccato dal seme, e insieme ai detriti del rivestimento va a costituire quel sottoprodotto, che, dopo macinazione, è posto sul mercato col nome di *pula di riso*. Dal miscuglio di embrioni e detriti del rivestimento del seme, l'embrione può essere separato intatto con una semplice crivellazione e ventilazione sotto forma di piccole sfere leggermente appiattite e piriformi, del diametro di circa un millimetro.

In queste ricerche, essendosi riscontrato nell'analisi chimico-sommatoria dell'embrione una straordinaria ricchezza in fosforo e in ceneri, ho dedicato la mia attenzione alla determinazione del fosforo nelle sue diverse combinazioni organiche e inorganiche e alla determinazione degli elementi costituenti le ceneri.

Nell'embrione ridotto in farina si è quindi proceduto sistematicamente all'estrazione e alla determinazione del fosforo di quelle combinazioni fosforate che normalmente sono contenute in un organo vegetale, e cioè del fosforo fosfatidico, di quello della fitina, di quello nucleinico e di quello dei fosfati minerali. Lo stesso si è fatto per il seme di riso completo, seme con perisperma ed embrione, liberato cioè semplicemente dalle glume e glumelle.

Come è ben noto, da Schulze e Winterstein⁽¹⁾ vengono oggi designati col nome di « fosfatidi » quelle sostanze organiche fosforate e azotate che per proprietà fisiche e di solubilità rassomigliano alle sostanze grasse: sotto questo nome vengono perciò comprese le lecitine e quelle sostanze di natura non ancora definita, che, ritenute combinazioni di lecitina con altre sostanze, vennero dette « lecitani » o « lecitidi ». La « fitina » è una sostanza organica fosforata non azotata, insolubile in etere, alcool ed acqua, ma solubile in acido cloridrico molto diluito: questa sostanza, intravista da Pfeffer nei globoidi dei granuli di aleurone, studiata più tardi da numerosi ricercatori, sarebbe, secondo Posternak⁽²⁾, il sale calcico-magnesiaco di un acido anidro-ossi-dimetilen-difosforico

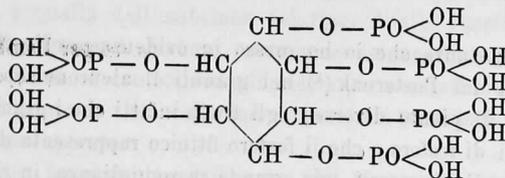


secondo invece Winterstein, Neuberg, Susuki, Yoshimura e Takaishi, Contardi

(¹) Vedi: *Phosfatide di Schulze e Winterstein*, in *Handbuch der Biochemischen Arbeitsmethoden*, di E. Abderhalden (1909).

(²) Posternak, *Compt. rend.*, I, 137 (1903).

ed altri ⁽¹⁾ sarebbe invece il sale calcico-magnesiaco di un etere esafosforico dell'inosite



Riferendomi a quanto ebbi già a comunicare in una Nota precedente ⁽²⁾ per comodità di linguaggio e di esposizione, chiamerò fosforo lecitinico quello estratto dall'etere e fosforo lecitidico quello successivamente estratto dall'alcool assoluto e bollente. Per la determinazione del fosforo lecitinico e lecitidico ho seguito il metodo da me consigliato nella Nota citata; per quello fitinico il metodo Posternak all'acetato di rame (loc. cit.); per quello inorganico il metodo usato da Schulze e Castero (precipitazione con liquore magnesiaco in presenza di citrato d'ammonio). Il fosforo nucleinico è stato dedotto per differenza.

Nella tabella seguente è riportata la ripartizione del P²O⁵ nell'embrione e nel seme completo del riso, riferita a 100 parti di sostanza secca.

TABELLA I.

P ² O ⁵	EMBRIONE		SEME	
	% nella sostanza secca	In 100 parti di P ² O ⁵	% nella sostanza secca	In 100 parti di P ² O ⁵
Lecitina . . .	0,04	0,64	0,003	0,35
Lecitidica . . .	0,22	3,54	0,018	1,86
Fitinica . . .	5,14	82,90	0,436	45,68
Minerale . . .	0,04	0,64	tracce	—
Nucleinica . . .	0,76	12,28	0,502	52,61
TOTALE . . .	6,20	100,00	0,950	100,00

Esaminando le cifra riportate, risulta:

1° L'embrione del riso è un materiale straordinariamente ricco in fosforo;

2° Nell'embrione del riso il fosforo trovasi per la massima parte sotto forma di fosforo fitinico;

⁽¹⁾ Winterstein, Zeit. f. physiol. chem., Bd. 58 (1908). Neuberg, Biochem. Zeit., Bd. 9 (1908). Susuki, Yoshimura e Takaishi, Bull. of the Coll. Agric. Tokio, vol. 7 (1907) Contardi, Atti R. Accad. Lincei, vol. XVIII (1909), vol. XIX (1910).

⁽²⁾ L. Bernardini e G. Chiarulli, Staz. Agr. Sper. Ital., vol. XLII (1909).

3° Nel seme del riso il fosforo trovasi concentrato nell'embrione, e la forma in cui il fosforo trovasi concentrato nell'embrione è la combinazione fitinica.

Questa circostanza che io ho messo in evidenza per l'embrione del riso, fu già osservata dal Posternak ⁽¹⁾ nei granuli di aleurone separati da questo autore da semi di piante diverse: egli trova infatti che i granuli di aleurone sono ricchissimi di fosforo e che il fosforo fitinico rappresenta dal 70 al 90 % il fosforo totale. Esiste perciò una grande rassomiglianza, in riguardo al contenuto in fitina e in fosforo, fra granuli di aleurone ed embrione, quello del riso almeno. Vedremo in seguito che altre caratteristiche sono comuni ai granuli di aleurone e all'embrione del riso.

Costituenti le ceneri dell'embrione del riso. — Per la determinazione degli elementi costituenti le ceneri dell'embrione di riso si è proceduto alla analisi della cenere ottenuta incenerendo cautamente e completamente gli embrioni ridotti in farina in capsula di platino. Il risultato è stato il seguente, riferito a cento parti di farina di embrioni allo stato secco:

$\text{SiO}^2 = 0,250 \%$ — $\text{Fe}^2\text{O}^3 = 0,060 \%$ — $\text{MnO} = \text{tracce}$ — $\text{CaO} = 0,279 \%$ — $\text{MgO} = 1,389 \%$ — $\text{K}^2\text{O} = 1,691 \%$ — $\text{Na}^2\text{O} = \text{tracce}$

Dalle cifre riportate si nota subito che nelle ceneri dell'embrione di riso mancano quegli elementi che sono ritenuti come non necessari alla nutrizione vegetale, mentre tutti quelli che sono necessari, come ad esempio il potassio, il calcio e il magnesio, vi sono rappresentati in quantità notevoli.

Posternak (loc. cit.), analizzando le ceneri dei granuli di aleurone, aveva trovato lo stesso fatto: infatti esaminiamo la tabella seguente, dove, accanto alle cifre da me ottenute per l'embrione del riso, sono segnate quelle trovate da Posternak per i granuli di aleurone. Le cifre relative agli embrioni sono riferite al materiale esaurito con etere (essendo l'estratto eterico del 27,30 %), e ciò per rendere più vicino il confronto, poichè Posternak separa i granuli di aleurone dal seme sgrassato con etere; perchè poi il confronto sia completo, riporto le cifre relative al fosforo e all'azoto determinato nell'embrione sgrassato con etere.

TABELLA II.

% di	EMBRIONE (sgrassato)	% di	GRANULI DI ALEURONE DI		
			Abete rosso	Girasole	Canapa
Azoto	7,32	Azoto	12,97	10,22	12,88
Fosforo	3,65	Fosforo	2,67	2,78	3,83
SiO^2	0,32	Silice	0,35	0,24	0,36
Fe^2O^3	0,08	Ferro	0,09	0,05	0,02
MnO	tracce	Manganese	0,25	tracce	tracce
CaO	0,37	Calcio	0,37	0,32	0,27
MgO	1,90	Magnesio	1,25	1,46	1,67
K^2O	2,30	Potassio	2,50	2,29	2,71

(¹) Posternak, C. R. (1906).

Esaminando le tabelle I e II, colpisce subito la grande rassomiglianza che passa fra la composizione chimica dei granuli di aleurone di semi di piante diverse e quella dell'embrione del riso: difatti questi materiali sono molto ricchi di azoto e di fosforo, contengono la massima parte del fosforo sotto forma di fitina, e contengono gli elementi minerali delle loro ceneri, considerati dal punto di vista della loro importanza per i bisogni della pianta, in un medesimo rapporto.

Ma un altro fatto risulta dall'esame dei numeri riportati: la presenza di silice in quantità relativamente abbondanti, quasi quanto quelle della calce, sia nell'embrione del riso sia nei granuli di aleurone, e inoltre la grande ricchezza di questi due materiali in magnesio: quest'elemento, per quantità, vien subito dopo il potassio.

Concludendo, risulta dalle ricerche riportate:

1° Nel seme del riso il fosforo trovasi concentrato nell'embrione: in quest'ultimo organo il fosforo è rappresentato per la massima parte, l'82,90 %, sotto forma di fosforo fitinico;

2° Le ceneri dell'embrione del riso contengono in proporzioni notevoli solamente quegli elementi minerali che sono ritenuti indispensabili alla nutrizione del vegetale, eccezion fatta per la silice;

3° Nelle ceneri dell'embrione di riso si riscontrano quantità notevoli di silice;

4° Gli elementi minerali contenuti nell'embrione di riso nelle proporzioni più notevoli, sono il potassio e il magnesio;

5° Esiste per l'alto contenuto in azoto, in fosforo e in fitina, sia per la qualità, sia per la quantità in cui si riscontrano gli elementi minerali, una grande rassomiglianza fra la composizione chimica dell'embrione del riso e quella dei granuli di aleurone di diversi altri semi.

Se si considera che i granuli di aleurone sono ritenuti come il materiale che deve servire al primo nutrimento del germoglio, e se si considera inoltre che l'embrione del seme deve contenere quei materiali che sono indispensabili alla sua prima alimentazione (l'embrione infatti può germinare anche se distaccato dal seme), apparirà come non sieno prive di qualche importanza le conseguenze che derivano dalle ricerche riportate.

Già il Posternak nella sua Nota « Intorno alla costituzione chimica e al significato dei granuli di aleurone » aveva richiamato l'attenzione sulla costante presenza di silice nelle ceneri di questi granuli: la dimostrazione da me data, che la silice è contenuta in proporzioni notevoli anche nell'embrione del riso, conduce ad assegnare al silicio nell'economia vegetale un ufficio più importante di quello che non gli sia stato fin'ora attribuito.

Il silicio è ritenuto attualmente, specialmente dopochè Jodin ha potuto coltivare del mais per due generazioni in soluzione nutritiva (l'esperienza fu

condotta però in vasi di vetro), esente di silice, come un elemento non necessario, senza di cui, cioè, la pianta può prosperare: in seguito a quanto ho esposto, risulterebbe invece che questo elemento, al pari di altri, — come il potassio, il magnesio, il calcio, il ferro ad esempio, — debba essere considerato come un elemento necessario alla nutrizione vegetale. A sostegno di questa ipotesi gioverà ricordare che Drechel⁽¹⁾ ha dimostrato la presenza di un composto silico-organico (un etere della colesterina con la silice) solubile in un miscuglio etero alcoolico, in alcuni materiali animali: le penne; e che Takenki⁽²⁾ ha potuto estrarre con alcool dalle foglie di graminacee lo 0,065 % di SiO₂.

Per quanto si riferisce al magnesio, le mie ricerche, oltre che portare un nuovo contributo alla conoscenza dell'ufficio fisiologico di questo elemento nell'economia vegetale e la cui importanza si può dire essere stata riconosciuta solamente in questi ultimi anni per i lavori cui ha dato luogo l'ipotesi del Loew sulle relazioni che corrono fra calce e magnesia (kalkfactor) nell'economia vegetale e per i ben noti studi del Willstätter sulla costituzione chimica della clorofilla, credo possano avere anche un'importanza per l'agricoltura.

Nel 1907, nello stesso anno in cui Willstätter emetteva la sua ipotesi sulla funzione del magnesio nella sintesi clorofilliana⁽³⁾, richiamai l'attenzione degli studiosi sull'importanza che ha la conoscenza del contenuto del terreno agrario in magnesio⁽⁴⁾; e un anno dopo⁽⁵⁾ dimostravo che l'assimilazione dell'acido fosforico per parte della pianta verde dipende dal rapporto in cui calce e magnesia sono assorbite. Le presenti ricerche confermano quest'affermazione: esse infatti, mentre fanno notare, cosa sfuggita al Posternak, che i granuli di aleurone contengono, di fronte ad un'alta percentuale di fosforo, una forte eccedenza di magnesio sul calcio, dimostrano che anche nell'embrione, altro materiale che per la pianta futura ha un significato biologico ancor più importante del granulo di aleurone, accanto ad una grande ricchezza di fosforo sta una grande eccedenza di magnesio sul calcio. Tutto ciò porta alla conseguenza che da ora in avanti, nella pratica culturale è necessario conoscere se il terreno agrario sia ben fornito di magnesio assimilabile: è necessario cioè che l'agricoltore, il quale fin'ora si è interessato di ben conoscere se il terreno sia provvisto di azoto, di acido fosforico e potassio, s'interessi anche se sia provvisto di magnesio.

Altra conseguenza, che ancor più viene a porre in rilievo l'importanza del magnesio nell'economia vegetale, deriva dalle mie ricerche.

(¹) Drechel, *Centralbl. f. Physiol.*, 11, pag. 361.

(²) Takenki, *Bull. of the Coll. Agric. Tokio*, vol. VII, pag. 429.

(³) Willstätter, *Chem. Zeit.*, 78 (1906).

(⁴) L. Bernardini e G. Corso, *Staz. Agr. Sperim. Ital.*, vol. XLI (1908).

(⁵) L. Bernardini e A. Siniscalchi, *Staz. Agr. Sper. Ital.*, vol. XLII (1909).

Tutti coloro che si sono occupati dello studio della « fitina » ritengono questa sostanza come il sale calcico-magnesiaco, secondo Posternak dell'acido anidro ossi-dimetilen-difosforico, secondo altri dell'etere esafosforico dell'inosite; dalle mie ricerche risulterebbe che la « fitina » è, molto verosimilmente, un sale magnesiaco di quest'acido fosfo-organico, poichè nell'embrione del riso, mentre il magnesio è contenuto in quantità notevoli, il calcio è rappresentato in quantità minime; 100 gr. di embrioni contengono gr. 5,14 di P^2O^5 fitinica, gr. 1,389 di MgO e gr. 0,279 di CaO: mentre per salificare a sale doppio di calcio e di magnesio l'acido fitinico presente, occorrerebbero gr. 2,026 di CaO.

Si può dunque supporre con buon fondamento che la « fitina » sia contenuta nell'embrione del riso sotto forma di sale magnesiaco; e ciò sembrami avere una certa importanza per le nostre conoscenze sull'ufficio fisiologico del magnesio nell'economia della pianta verde, inquantochè questo fatto viene a fornire la prima prova sperimentale, sia pure indiretta, all'ipotesi che il magnesio serva al trasporto dell'acido fosforico. Infatti l'accumularsi del magnesio nel seme, e specialmente nell'embrione insieme con l'acido fosforico sotto una combinazione fosfo-organica scindibile per azione enzimatica (¹), credo sia sufficiente a dimostrare che a questo metallo alcalino-terroso, fra gli altri uffici, debba spettare il compito di mobilizzare l'acido fosforico.

Inoltre la presenza di quantità relativamente grandi di magnesio nell'embrione viene in certo qual modo a corredare di un nuovo dato i geniali lavori del Willstätter (²) sulla clorofilla, inquantochè mostra che appunto nel periodo in cui la pianta, che si sviluppa dall'embrione, inizia e intensifica il lavoro clorofilloso, ha bisogno di trovare subito a sua disposizione il metallo necessario alla costruzione della molecola della clorofilla.

(¹) Susuki, Yoshimura e Takaishi, loc. cit.

(²) I lavori del Willstätter sulla clorofilla sono portati in estenso negli Annalen dal 1906 in poi.