

Alcuni aspetti della vita microbica del terreno

Prof. Carlo Arnaudi

Direttore

(Prolusione letta il 15. Gennaio 1940-XVIII)

Magnifico Rettore,

Illustri Preside e Professori,

Cari studenti,

Spero vorrete indulgere verso di me se, nell'accingermi a dettare queste note, il mio pensiero è tornato un momento agli anni che in questa Scuola trascorsi come studente. Ci ospitavano allora le silenziose e venerande mura dell'ex Convento dell'Incoronata, piccola oasi di pace e di cadente bellezza in un angolo della tumultuosa città. Il mio pensiero si volge, colmo di rive- rente gratitudine, verso tutti gli illustri Professori che vi trovai, particolar- mente a quelli che purtroppo non sono più: Vittorio Alpe, Ettore Artini, Guglielmo Koerner, Ernesto Marengi, Girolamo Molon, Ettore Paladini. Accanto al nome di questi Maestri famosi consentite ch'io ponga quello di coloro che fuori di questa Scuola, mi iniziarono e guidarono nella vita degli studi: il mio compianto ed indimenticabile Maestro Serafino Belfanti, la cui vita è mirabile esempio di che possa ottenere la pura ricerca scientifica quando sia affiancata e non contrapposta ad alte capacità realizzatrici, ed il Prof. Do- menico Carbone che con tanta sapienza ed affettuosa premura mi guidò nei primi anni della mia carriera di sperimentatore.

La filiazione spirituale, non meno di quella affettiva e forse parimenti a quella del sangue, può mirabilmente realizzarsi quando è sentita nella sua vera essenza morale. Essa si rifugia preferibilmente nei cenobi o fra le mura dei laboratori scientifici onde il trapasso del pensiero, frutto di libera e faticosa conquista, ai fratelli più giovani, consegue veramente una sorta di immortalità che accoglie ed elabora nella sua anonimità i valori spirituali di un popolo. Per tale modo il sapere non è arida elencazione di fatti, ma conserva l'impronta del diuturno lavoro e la passione che agitò gli animi entro i quali visse come intuizione e speranza, prima ancora di essere realtà sperimentale.

La storia della Batteriologia, come quella di poche altre scienze, è ricca di questa passione spirituale ed impregnata di un vivo senso d'umanità. Basta la figura di Luigi Pasteur ad illuminarla in maniera veramente singolare anche da questo lato. E la tradizione pasteuriana pure sotto questo aspetto ha dato frutti copiosissimi.

La Batteriologia agraria ha le sue radici negli studi di Batteriologia gene-

rale che, se sono preceduti da originali osservazioni e scoperte fin dal '700, trovano però il fondamento sistematico ed il nucleo dottrinale nelle mirabili scoperte di Pasteur. Si potrebbe anzi dire che la moderna Batteriologia sia nata come Batteriologia agraria. Infatti i primi studi pasteuriani riguardano le alterazioni della birra e le fermentazioni alcoolica e lattica (1857), precedendo di dieci anni le ricerche di Batteriologia patologica. Queste dapprima rivolte alle malattie degli insetti (1865) soltanto sedici anni dopo si interessarono a quelle degli animali domestici (1877) e finalmente a quelle dell'uomo (1878). Furono quest'ultime che richiamarono l'attenzione del mondo scientifico internazionale sull'opera pasteuriana e diedero quel grandioso impulso agli studi microbiologici che voi conoscete.

Ci è grato rammentare per incidenza come nel corso dei suoi studi sulle malattie del baco da seta, Pasteur sia stato in prolungati rapporti scientifici con la nostra Scuola. È noto infatti come Egli corrispondesse per diversi anni su tale materia con il celebre Emilio Cornalia, nostro professore di Zoologia agraria alla cui sapienza Pasteur rese più volte pubblico omaggio, e che visitò durante la Sua permanenza a Milano nel settembre del 1876.

Le possibilità di applicazioni pratiche nel campo delle trasformazioni dei prodotti agricoli, nonchè le utili interpretazioni del complesso fenomeno della fertilità del suolo, indicarono subito quali estensioni di sviluppo teorico e di realizzazioni concrete, potesse offrire la nuova scienza dei micròbi al di fuori della esatta conoscenza che essa recava sulle cause delle malattie infettive dell'uomo, degli animali e delle piante.

Il nostro Paese non fu secondo ad alcuno nel favorire questi nuovi studi così ricchi di promesse; pertanto, auspice il Ministro Baccelli, nel 1902 veniva istituito il Laboratorio di Batteriologia Agraria presso la Scuola Superiore di Agricoltura di Milano (nostra attuale Facoltà di Scienze Agrarie) che, fondata or sono esattamente settanta anni, aveva raggiunto grande rinomanza per l'alto valore dei suoi docenti e per le brillanti affermazioni nel mondo pratico, dei suoi allievi. A fondare e dirigere il primo Istituto di Batteriologia agraria italiano venne chiamato Costantino Gorini che aveva già una bella fama di ricercatore originale, soprattutto nel campo della Batteriologia igienica e lattiera. Il mio illustre predecessore e Maestro legò il Suo nome a diversi importanti capitoli della Batteriologia generale e particolarmente alla Fisiologia dei microrganismi, nel quale campo Egli deve essere considerato un antesignano, particolarmente per le Sue ricerche sugli enzimi microbici, campo di studi che ancora oggidi si presenta come uno dei più difficili ma interessanti e promettenti.

La scoperta da Lui fattane e la Sua trentennale minuziosa ed ostinata indagine intorno ai microrganismi acidoproteolitici, costituisce un altro merito di Costantino Gorini il cui nome è ormai consegnato nella Storia delle scienze microbiologiche. Egli non limitò poi la Sua attività di studioso a problemi teorici ma seppe collegare questi ad importanti applicazioni pratiche di speciale interesse per la Lombardia. Si fece così tenace propugnatore di tutte le providenze tecniche atte a rendere più razionale ed igienica la raccolta del latte e la produzione dei latticini, e diede inoltre un contributo di grande portata allo studio dell'insilamento dei foraggi, il cui valore pratico per l'economia nazionale non è mai stato così decisamente riconosciuto come nei nostri giorni.

Per merito di Costantino Gorini l'Istituto di Microbiologia Agraria e Tecnica di Milano è noto in tutto il mondo nel campo della Batteriologia casearia, ed il suo illustre fondatore ha ricevuto alti riconoscimenti dalle Autorità politiche e dalle maggiori Accademie italiane e straniere (*).

Anche se altri importanti problemi di Batteriologia agraria saranno in avvenire affrontati dal nostro Istituto, la tradizione legata al nome di Gorini dovrà essere mantenuta e gelosamente conservata, specie oggi che il Regime incita e favorisce la preparazione di tecnici specializzati in tutti i campi delle attività tecnico-agricole, fra le quali primeggiano quelle casearie.

Dei diversi capitoli che costituiscono il dominio della Microbiologia agraria, ho voluto scegliere come argomento della mia prolusione (e non sembri una contraddizione con quanto ho detto precedentemente) quello che pare offrire le minori possibilità di immediate pratiche applicazioni, ma che effettivamente riassume in sé per la sua vastità e per i rapporti che ha con tutti i fenomeni biologico-agricoli, l'intero campo della nostra scienza.

Diverse sono le ragioni che mi hanno indotto a questa scelta in un'occasione così importante per la mia vita di sperimentatore. Alcune di esse dipendono forse dalla mia origine rurale ed hanno perciò un carattere esclusivamente sentimentale, altre sono invece legate alla mia carriera. Undici anni or sono, iniziando il mio insegnamento come libero docente, esaminai infatti nella prelezione al mio primo corso universitario i nuovi orientamenti che la Microbiologia del terreno prendeva in quegli anni. Agli studi di Microbiologia del suolo, verso i quali ero stato sospinto dal mio amato e venerato Maestro Sen. Angelo Menozzi, restai sempre avvinto con viva passione, anche se ad essi non mi fu consentito di dedicare maggior copia del mio tempo. Ma i problemi della Microbiologia del terreno furono sempre presenti al mio spirito anche quando mi occupavano altre ricerche, convinto come sono che al terreno agrario si possano riferire e forse collegare molte questioni che riguardano le altre branche della Microbiologia.

Anche senza considerare che la terra, con i suoi intimi rapporti con l'aria e le acque, può essere riconosciuta la sede naturale e probabilmente la culla di tutti i microrganismi, compresi quelli più strettamente specializzati rispetto all'ambiente, quali sono i patogeni, sappiamo quanto l'Igiene umana e veterinaria e la stessa Patologia generale si interessino del terreno agrario come luogo di raccolta e di diffusione di numerosi micròbi. Basti ricordare quale importanza abbia il terreno nella diffusione delle infezioni tetaniche e carbonchiose.

Del resto l'interesse di queste discipline verso il terreno agrario non riguarda soltanto questo punto di vista, come fa fede il recente indirizzo di studi che considera il terreno come eventuale fonte di microrganismi utilmente impiegabili per la lotta contro le malattie infettive. Un originale esempio di esso ci è stato offerto infatti recentemente con l'utilizzazione di un microrganismo proveniente dal terreno torboso, i cui enzimi disciolgono la capsula dei pneumococchi.

(*) Le pubblicazioni di Batteriologia casearia del Gorini sono in corso di stampa, tradotte in francese ad iniziativa della rivista « Le Lait ».

Si rammenti infine che nel terreno si possono trovare tutti gli agenti di quelle trasformazioni naturali di sostanze organiche che sono poi inconsciamente o razionalmente usati nelle fermentazioni industriali: dai lieviti della fermentazione panaria ed alcoolica, agli aspergilli di quella citrica, dai molteplici fermenti che agiscono in varia guisa sul latte, ai microrganismi maccianti le piante tessili. Tutti i microrganismi che interessano i diversi capitoli della Microbiologia agraria e tecnica, si trovano o si possono trovare nel terreno.

Esso è realmente il grande deposito ed in certo senso l'incubatrice di pressochè tutti i microrganismi: ad esso si rivolge, quasi mai invano, lo studioso alla ricerca di qualunque microrganismo, purchè impieghi la tecnica opportuna.

La terra racchiude in sè tanta parte degli elementi che costituiscono il divino mistero della vita, e rinnova di continuo e periodicamente ai nostri dimentichi occhi il miracolo delle messi e dei fiori: il miracolo che ci dona l'alimento ed un sorriso di bellezza. Non è necessario rifarsi agli antichi miti od alle filosofie primitive per considerare la terra elemento primigenio della vita nella origine sua e nel suo perenne rinnovarsi.

Chiunque sappia fuggire la triste meccanicità della esistenza cittadina e respirare un attimo la vita dei campi, chiunque riesca per un momento ad osservare con attitudini non esclusivamente estetiche le campagne verdeggianti, sentirà tutto il fascino che emana il fenomeno primitivo e fondamentale costituito dal trionfo dell'elemento vitale sopra la durissima roccia cristallina, sminuzzata in terriccio fecondo dalla lenta ed implacabile energia dei microrganismi e degli altri fattori biologici.

Per il microbiologo agrario evidentemente la vita microbica del terreno ha un interesse tutto speciale. I processi riguardanti la formazione del terreno, la sua fertilità, l'evoluzione delle sostanze inorganiche ed organiche utili alle piante, sono infatti intimamente legati alla vita dei microrganismi i quali sono altresì in rapporti biologici diretti con la vegetazione.

Per l'agronomo la funzione mineralizzatrice dei micròbi non ha soltanto l'interesse direi quasi filosofico che presenta per il naturalista: per esso la fertilità del terreno è il problema centrale della produzione agraria ed il conoscere quindi la parte che i microrganismi prendono alla sua formazione ed al suo mantenimento, il possederne le leggi che ne regolano l'azione rappresenta uno scopo pratico cui egli tende tutti i suoi sforzi. Le ricerche sui micròbi del terreno sono perciò rivolte soprattutto a quelle attività che interessano direttamente od indirettamente la nutrizione delle piante.

Dalle prime intuizioni di Pasteur e di Duclaux, al fecondo lavoro di ricerche compiuto da tanti studiosi fra i quali brillano per genialità Winogradsky e Beijerinck, molti dei più importanti processi microbici del terreno sono stati chiariti.

Nel primo periodo della storia della nostra scienza venivano messi in luce e minutamente descritti, i micròbi agenti dell'ossidazione dell'ammoniaca, della fissazione dell'azoto atmosferico viventi in simbiosi con le leguminose e quelli liberi nel terreno; quelli determinanti la riduzione dei nitrati, l'ossidazione dello zolfo e le molte specie che determinano con la loro conco-

mitante azione la decomposizione e mineralizzazione delle più complesse sostanze organiche, i microrganismi cioè, che agiscono nella formazione dell'*humus*.

Nonostante la Microbiologia del terreno possa essere considerata la madre della Microbiologia generale, essa ha subito una profonda influenza per quanto riguarda metodi di indagine e tecnica di laboratorio dalla Microbiologia igienica e patologica. Influenza che ha determinato in certa guisa un rallentamento nel suo progresso e che comunque l'ha distolta dallo studio intimamente legato al terreno, cioè dalla indagine immediata dei più complessi fenomeni che si svolgono nel suolo. Quando si consideri che l'attività microbica si svolge nel terreno sotto l'influenza dei succhi secreti dalle radici delle piante, in un ambiente di natura eminentemente colloidale, in continuo variare di equilibrio per l'influenza della vegetazione, delle concimazioni, dei fattori meteorologici, è agevole comprendere come dal sovrapporsi, intrecciarsi, alternarsi di tutti questi fattori fisico-chimici e biologici, la flora batterica debba continuamente mutare e, per così dire, reagire alle nuove condizioni ambientali. Tutto ciò concorre a fare della microflora terricola un insieme di problemi in parte ancora insoluti ed irto di difficoltà tecniche di studio, ma contemporaneamente un ordine di ricerche fra i più suggestivi, anche dal punto di vista naturalistico, che possa colpire la mente del biologo.

Non credo utile ed opportuno rammentare le critiche fatte nell'ultimo ventennio a gran parte della metodica prima impiegata nei nostri studi. Metodica basata sul *mito della cultura pura* e sull'impiego di terreni nutritivi artificiali atti a consentire lo sviluppo più rigoglioso possibile dei microrganismi *in vitro*. Questi irrazionali concetti sperimentali hanno favorito le varie dottrine sul pleomorfismo dei microrganismi terricoli, dottrine che vanno rifiutate perchè prive di seria base sperimentale. Oggidì il microbiologo del terreno si sforza di studiare i microrganismi nel loro *habitat* naturale, direi quasi nella loro giacitura naturale e l'ideale cui tende, sarebbe di poter vedere e seguire nelle loro manifestazioni i micròbi nel terreno stesso. Tutti gli sforzi fatti da Cohn, Rossi e Riccardo, Winogradsky ed altri studiosi per elaborare metodi diretti di osservazione microscopica sono infatti guidati dall'idea di poter vedere i microrganismi nel loro ambiente normale. E allorquando ci si vuole rendere conto delle loro attività specifiche, ond'è necessario farne la cultura pura, si tenta di riprodurre in laboratorio le loro normali condizioni di vita che sono caratterizzate da povertà d'alimento e da lavoro associato. Nel terreno infatti i microrganismi non trovano le proteine e gli zuccheri generosamente offerti nelle consuete culture di laboratorio, ma vivono in concorrenza od in simbiosi con altre specie, utilizzando la scarsa sostanza organica ed i sali minerali ivi diffusi. Essi subiscono inoltre le alterne vicende teoriche ond'è che la zolla in cui operano può essere saturata d'acqua o dissecata dalla lunga siccità; condizioni ben lontane dalle culture in ricche soluzioni nutritive ancora impiegate in molti laboratori.

Le moderne ricerche della Microbiologia del terreno debbono perciò essere aderenti il più possibile alle condizioni naturali e pertanto si debbono escludere in modo assoluto i microrganismi provenienti da collezioni di laboratorio, impiegando invece microrganismi appena isolati dal terreno, col-

tivandoli in mezzi nutritivi i più analoghi possibili a quelli dell'*habitat* naturale. Quando si rende necessario allestire culture pure si impiegano terreni nutritivi ai quali i microrganismi sono ereditariamente abituati, evitando il passaggio sugli usuali mezzi culturali che ne altererebbero le attitudini fisiologiche. Infine si tiene gran conto del fattore biologico che influenza la vita dei microrganismi del terreno: fattore biologico che può essere rappresentato da altri schizomiceti, muffe e protozoi, ed infine e soprattutto dalle piante spontanee o coltivate. Naturalmente la valutazione e più ancora la riproduzione sperimentale del fattore biologico è di estrema difficoltà, il che deve acuire lo spirito di osservazione nello sperimentatore per la esatta percezione del fenomeno e sollecitare la sua fantasia ad escogitare dispositivi atti a riprodurre *in vitro* i fenomeni stessi.

È seguendo questi criteri che la nostra Scienza ha potuto in questi ultimi anni acquisire alcuni importanti fatti e riprendere uno slancio assai promettente, specialmente in quei Paesi ove le viene offerto un posto adeguato accanto alle altre Scienze biologiche.

L'impiego però dei metodi diretti nello studio della microflora del terreno non è ancora universalmente adottato, a tal segno che assistiamo al tentativo di introdurre complicati quanto sterili calcoli matematici, aventi lo scopo di eliminare piccoli errori di numerazione nel conteggio dei microrganismi coltivati in piastre a base di mezzi nutritivi consueti, quando sappiamo che questo metodo offre valori, in certi casi 100 od anche 1000 volte inferiori al numero effettivo dei microrganismi esistenti nel suolo. La quantità infatti di schizomiceti che possiamo trovare nel terreno fertile impiegando metodi adatti al rilevamento, è molto maggiore di quanto non si credesse un tempo. Si tratta talvolta di centinaia ed anche migliaia di milioni di microrganismi per grammo di terra secca. Tale ingente numero di germi è soltanto in piccola parte reperibile nei liquidi circolanti nel terreno; è il complesso solido che alberga i microrganismi, li trattiene e in certa guisa li assorbe. Conseguenza da ciò la estrema influenza che sulla vita dei microrganismi è esercitata dalla struttura fisico-meccanica del terreno. Alcune mie osservazioni, fatte in proposito, secondo le quali la quantità dei microrganismi è tanto maggiore a parità di altre condizioni, quanto più i terreni sono ricchi in costituenti colloidali, sono state poi confermate da Novogradsky che per altra via ha constatato come il potere di assorbimento dei terreni rispetto ai microrganismi e la ricchezza della microflora del terreno siano in diretto rapporto con la quantità di particelle fini del terreno stesso.

Il fenomeno più appariscente ed anche fondamentalmente più importante della funzione dei microrganismi nel terreno agrario è indubbiamente quello che si riferisce alla formazione ed evoluzione dell'*humus*. Questa speciale sostanza del terreno fertile costituisce veramente il grande deposito per la materia viva della terra. Esso può essere quasi considerato come un immenso materiale di riserva per l'esistenza di tutti gli esseri viventi, ed in certa guisa è vivente esso stesso e rappresenta in pari tempo un termine di passaggio fra il mondo inorganico e il mondo organico. Si rammenti a questo proposito come la quantità di carbonio dell'*humus* del terreno sorpassi per decine di volte quella legata alla materia vivente. I principali agenti

della formazione e delle successive trasformazioni di questa imponente massa di sostanza organica sono indubbiamente i microrganismi e pertanto non è possibile conoscere l'intima natura della funzione e del dinamismo dell'*humus* se non si tiene conto delle attività biochimiche, così spesso a carattere specifico, che in esso svolgono i micròbi.

Fenomeno fondamentale della formazione dell'*humus* è la degradazione dei residui vegetali naturalmente od artificialmente portati sul terreno, od in altre parole: la scomposizione della cellulosa e della lignina. La degradazione della cellulosa è stata chiarita negli ultimi anni dalla scoperta del gruppo dei cellulolitici aerobi del tipo delle citofaghe, che se presenta ancora alcuni lati oscuri nei riguardi del metabolismo e della posizione sistematica, non offre dubbi sulla importanza della loro funzione per la rapida e profonda attività idrolitica esplicata sulle cellulose. La loro diffusione è strettamente legata a condizioni chimico-fisiche del terreno che delimitano i terreni normali e fertili da quelli eccessivamente acidi od impaludati o comunque anormali e sterili. Si potrebbe quasi considerare la loro presenza e il loro numero quale indice di normalità se non di fertilità di un terreno. Del resto la loro azione biochimica sembra svolgersi non soltanto in seno al terreno agrario ma anche estendersi a funzioni fisiologiche nei riguardi della digestione delle ingenti masse cellulose ingerite dagli erbivori. Già da alcuni anni ho potuto seguire in diverse specie di erbivori la presenza e la regolare distribuzione nell'intestino di questi animali, degli aerobi cellulolitici che si localizzano e si moltiplicano in quegli organi del sistema digerente che albergano più a lungo le masse dei foraggi ingeriti. Recentemente poi Baldacci e Verona hanno messo in evidenza l'esistenza di questi cellulolitici nell'intestino delle termiti, ed a tali micròbi essi attribuiscono l'attività sulle cellulose esplicata dalle termiti stesse.

Accanto a queste forme altri schizomiceti da tempo noti come il *B. melanigenes* ed il *B. fossicularum* di Omeliansky e quelli più recentemente studiati dal Clausen e da altri e i diversi microrganismi termofili ultimamente descritti, contribuiscono alla degradazione delle cellulose vegetali, ma essi hanno forse maggiore importanza per i terreni paludosi o comunque molto ricchi d'acqua. Nella normale formazione dell'*humus* invece, accanto agli schizomiceti aerobi notevole importanza deve essere attribuita a molti ifomiceti, specialmente quando la loro azione si svolge in concomitanza per non dire in stretta associazione, con bacteri ed actinomiceti. Recentissime ricerche di S. Krzemeniewski e H. Krzemeniewska hanno dimostrato come alcuni myxobacteri del genere *Sorangium* (*compositum* e *nigrescens*) presentino un notevole potere cellulolitico almeno *in vitro* su cellulosa pura e su fibre tessili. Imsenecki e L. Solnteva hanno confermato le stesse osservazioni notando come in condizioni favorevoli di ambiente, cioè in aerobiosi ed a una concentrazione idrogenionica da 6.5 ad 8, dal 50 al 75% dei materiali cellulolitici vengano rapidamente decomposti.

Accanto alla cellulosa anche la lignina ha grande importanza come materiale di formazione di *humus* e circa la sua trasformazione, le nostre scarse conoscenze sono state ultimamente arricchite dalle interessanti esperienze di Waksman e Hutchings che poterono dimostrare l'attività di diversi schizomiceti terricoli, operando *in vitro* su lignina fenolica.

Quanto riguarda il ciclo dell'azoto nel terreno è stato oggetto di numerosissime ricerche particolarmente per quanto si riferisce alla fissazione dell'azoto atmosferico. La natura della fonte energetica necessaria agli azotobatteri per la loro importante funzione, costituì per lungo tempo uno degli argomenti più dibattuti: è altro merito di Winogradsky l'aver dimostrato come molti dei prodotti delle più frequenti fermentazioni che hanno luogo nel terreno, possano fornire l'energia necessaria per l'attività fissatrice degli azotobatteri come ad es. l'acido butirrico, lattico, succinico e vari alcoli. Date le condizioni di simbiosi in cui avvengono tutte le trasformazioni di sostanza organica nel terreno, è agevole comprendere come gli azotobatteri possano vivere a fianco degli agenti di fermentazione delle proteine e degli idrati di carbonio e possano utilizzarne i prodotti.

Anche l'intimo meccanismo a mezzo del quale questi micròbi fissano l'azoto ha avuto un ulteriore chiarimento. La fissazione si esplicherebbe infatti attraverso l'idrogenazione dell'azoto molecolare: una deidrogenasi, operando sulle materie di riserva della cellula microbica e probabilmente anche su quelle delle cellule morte, fornisce idrogeno attivo per il quale l'azoto atmosferico fungerebbe da *accettore*. Il chimismo della fissazione dell'azoto per il quale nel 1927 lo Stapp constatava amaramente il più assoluto *ignoramus* pare quindi avviato verso una risoluzione e la messa in evidenza della produzione di ammoniaca nelle culture naturali di azotobatteri, conferma l'attendibilità che l'ipotesi della idrogenazione dell'azoto corrisponda alla realtà dei fatti.

Anche quanto riguarda la fissazione dell'azoto atmosferico per opera di microrganismi in simbiosi con leguminose, pare abbia un meccanismo analogo, poichè la formazione di ammoniaca è stata più volte constatata da Winogradsky, Virtanen e von Hansen nei noduletti radicali delle leguminose. In questo caso l'idrogenazione è la conseguenza della *simbiosi in atto* fra il microrganismo ed il tessuto vegetale, infatti il *Rh. radicola* separato dalla pianta non è capace di fissare azoto atmosferico ed è soltanto quando si trova in intimo contatto con i tessuti vegetali, che probabilmente forniscono non soltanto nutrimento ma pure qualche principio a carattere enzimatico, che il microrganismo può esplicare la sua azione fissatrice.

Questa constatazione è del più alto interesse. Essa dimostra come la simbiosi fra pianta e micròbo consenta una nuova interessantissima funzione che nè pianta nè micròbo separatamente considerati, hanno la possibilità di compiere. Molto probabilmente questo caso di simbiosi rappresenta soltanto un esempio di quella che deve essere la regola della vita microbica del terreno. I nostri metodi d'indagine sono necessariamente a carattere analitico e studiano perciò i vari fenomeni separatamente. In tal modo è probabilissimo che molti casi di simbiosi abbiano a sfuggirei. La simbiosi *Rh. radicola* e leguminose cade sotto la nostra osservazione soltanto perchè raggiunge una entità morfologica: il tubercolo. Nel terreno è probabile che infiniti altri casi analoghi abbiano ad avverarsi, pur senza raggiungere una intimità di questo tipo o di quella che alghe e funghi conseguono nella formazione dei licheni. In ogni caso i rapporti dei microrganismi fra di loro e con le radici delle piante superiori avvengono attraverso un complicato sistema di antagonismi

e di simbiosi, di azioni concomitanti e di concorrenze alimentari, di successioni, repentine scomparse, improvvisi arricchimenti di specie, a seguito del continuo mutare dell'ambiente. Non soltanto la fertilità nel comune senso intesa, ma anche i fenomeni atipici che ne costituiscono deroghe o varianti, come la stanchezza del terreno, i fatti di intolleranza fra specie e specie di piante coltivate, hanno le loro estreme radici in questi complicati fenomeni di relazioni e reazioni biologiche.

È probabilmente in questa direzione che l'indagine scientifica potrà raccogliere fatti nuovi. Del resto, considerando la vita microbica del terreno da questo punto di vista, possiamo constatare come alcuni fenomeni della pratica agraria ne vengano illuminati e quanti collegamenti si possano istituire con altri importanti problemi di biologia vegetale.

Il comportamento di molte specie microbiche viventi nello stesso ambiente, raramente è di reciproca indifferenza, più spesso è di mutuo vantaggio o di intolleranza. Sono questi due ultimi i casi che presentano maggiore interesse per noi; essi costituiscono l'antagonismo e la simbiosi, i due aspetti fondamentali cioè, che riguardano la convivenza di tutti gli esseri.

La più semplice causa di antagonismo è rappresentata dalla concorrenza alimentare, ma più spesso l'antagonismo è causato da modificazioni ambientali indotte dal metabolismo dei microrganismi, modificazioni che possono avere anche carattere chimico-fisico nei riguardi soprattutto della densità del mezzo, della concentrazione idrogenionica, della viscosità, della tensione superficiale ecc. Le variazioni di queste proprietà fisiche dei liquidi nutritivi hanno, in parte almeno, dato ragione di alcuni tipici antagonismi microbici studiati *in vitro* da Kopaczewski, Rosnowski e da me.

Le attività metaboliche dei micròbi, esercitandosi essenzialmente con l'elaborazione di enzimi, non è improbabile che possano dar luogo anche ad antagonismi dovuti ad attività diastasiche od alla formazione di vere sostanze tossiche elaborate specialmente dagli ifomiceti. Il limite del resto fra natura enzimatica e tossica di quest'ultime sostanze non è perfettamente delimitato, esse presentano anzi comunità di caratteri, analogamente a quanto il Belfanti ha messo in luce per alcune tossine agenti sugli animali superiori ed intravvisto per altre.

Questi fenomeni d'antagonismo microbico possono assurgere ad una importanza particolare quando speciali condizioni d'ambiente, come ad esempio eccessiva acidità del suolo, elevato grado di umidità, lunga persistenza di determinate colture, ecc. causano un eccessivo prevalere di quelle particolari forme microbiche che caratterizzano i terreni anormali.

I fenomeni di simbiosi per contro, sono caratterizzati da reciproco vantaggio ed è probabile che costituiscano la norma nello svolgimento dei fenomeni dovuti alla microflora terricola. Purtroppo la documentazione sperimentale da noi posseduta in questo campo è molto modesta; il maggior numero di esempi di simbiosi fra specie batteriche non ci è offerto dai micròbi del terreno ma da quelli che interessano le fermentazioni dei prodotti agricoli. È infatti assai facile constatare e riprodurre sperimentalmente le trasformazioni che si svolgono nelle fermentazioni industriali ad opera di associazioni batteriche, poichè in questo caso il substrato è noto e sterilizzabile

mentre nel suolo queste due condizioni essenziali vengono completamente a mancare. Ma quanto non è possibile ancora dimostrare sperimentalmente riproducendo questi fenomeni naturali, è però consentito per ora dedurre dalle ampie conoscenze che abbiamo intorno alla biologia dei singoli microrganismi e dagli esempi di funzioni analoghe offertici dalla biologia generale.

Una delle forme di simbiosi più facilmente riscontrabile nel terreno agrario è quella che ha luogo fra anaerobi ed aerobi, sicchè anche i più esigenti fra i microrganismi sensibili all'ossigeno e che nelle culture *in vitro* ci costringono ad escogitare complicati sistemi di allevamento, trovano invece nel terreno ottime condizioni di sviluppo. Basti ricordare le frequenti associazioni fra i *Clostridium pasteurianum* e gli *Azotobacter*, ambedue fissatori dell'azoto atmosferico, stretto anaerobio il primo ed aerobio il secondo, che può contrarre a sua volta simbiosi con altri anaerobi ed anche con alghe e piante acquatiche. Parimenti i più stretti anaerobi solubilizzanti le peccetine e primi demolitori perciò della impalcatura dei vegetali superiori, possono riccamente svilupparsi nel suolo in virtù della funzione anaerobizzante delle specie aerobiche.

Nell'importante processo di trasformazione della cellulosa, che viene scomposta in masse così imponenti, è molto probabile che l'attività dei microrganismi specifici sia potenziata ed aumentata d'intensità per l'azione concomitante da essi esercitata. Secondo Waksman l'azione eccitante può essere esercitata anche da microrganismi non cellulolitici che influenzerebbero favorevolmente quella dei microrganismi specifici. Egli ha visto così come l'attività ad es. del *Trichoderma lignorum*, sia singolarmente aumentata dalla presenza di altri ifomiceti e di batteri privi per loro conto di ogni azione sulla cellulosa. Analogo fenomeno ha osservato circa l'azione degli actinomiceti sulle lignine e cellulose che vengono decomposte attivamente da questi microrganismi soltanto quando essi sono in presenza di ifomiceti per sé stessi assolutamente privi di ogni attività fisiologica su queste sostanze. In linea generale si può affermare che la popolazione microbica del terreno può provocare processi biochimici diversi da quelli espliciti dai microrganismi singolarmente considerati, specialmente quando le loro attività fisiologiche siano rilevate *in vitro*.

Queste considerazioni ci richiamano alla mente le classiche ricerche di Castellani di Chisimaio, sopra la fermentazione degli idrati di carbonio, operata da ben determinate associazioni di microrganismi che individualmente non danno fermentazione. Onde ne è derivato un metodo di riconoscimento biologico degli zuccheri che applicato alla viceversa permette la identificazione di micròbi a mezzo di fermentazioni associate su zuccheri noti.

Ma un nuovo lato, forse fra i più interessanti, che si possa presentare nelle simbiosi fra microrganismi del suolo nonchè fra essi e le piante superiori, pare a me sia offerto dalla elaborazione dei fattori di accrescimento, che in qualche caso possono essere formati e diffusi da una specie ed utilizzati direttamente o indirettamente da altre. Mi pare pertanto giustificato il soffermarci un poco intorno ad essi.

Il capitolo riguardante i fattori di accrescimento dei microrganismi è uno di quelli che ha maggiormente progredito negli ultimi anni, in con-

seguenza delle fondamentali scoperte che hanno arricchito le nostre conoscenze intorno alla natura chimica ed alle funzioni delle vitamine. Con queste sostanze infatti, i fattori di accrescimento microbici presentano molte analogie fisiologiche ed affinità di costituzione chimica.

Se intendiamo per fattore di accrescimento quelle sostanze di cui il protoplasma microbico è incapace di fare la sintesi e che d'altro canto sono indispensabili per la sua moltiplicazione, è evidente che esse costituiscono una sorta di elemento non comune a tutte le specie microbiche, ma piuttosto legato al metabolismo dei singoli micròbi. In certo senso possono essere considerati fattori d'accrescimento anche alcune sostanze alimentari azotate, che sono indispensabili e non sintetizzabili da molti micròbi. Tale è il caso di alcuni aminoacidi quali il triptofano, la lisina, la cisteina ecc. Ma queste sostanze indispensabili per la crescita dei microrganismi devono però essere presenti in quantità sufficiente, proporzionatamente alle altre sostanze alimentari, secondo la legge del minimo che vale anche per i microrganismi. I tipici fattori di accrescimento sono invece quelli che possono agire a dosi infinitesime e che pertanto fungono da veri catalizzatori dell'accrescimento.

Il lato per noi più interessante della questione è costituito però dal fatto che più specie possono essere sensibili ad un determinato fattore d'accrescimento e che soltanto alcune altre hanno la possibilità di sintetizzare il fattore stesso. Questa constatazione dimostra infatti in modo chiaro come la simbiosi possa costituire la condizione *sine qua non* di vita per le specie incapaci di sintesi se l'ambiente stesso non offre direttamente altre fonti di fattori d'accrescimento come avviene in qualche caso.

Un esempio che illustra questa possibilità ci è offerto dalla Microbiologia generale e riguarda il bacillo di Pfeiffer, tipico fra i batteri emofili, cioè esigenti, per potersi sviluppare, dell'addizione di sangue fresco ai comuni terreni nutritivi.

Il sangue agisce, come dimostrò Davis, arrecando due fattori di cui uno — il fattore X — termoresistente, è stato poi identificato con l'ematina, mentre l'altro, termolabile — il fattore V — è stato poi trovato anche in vegetali diversi, nel lievito, ecc. Il fatto interessante dal nostro punto di vista, è che questo fattore V è elaborato da numerose specie microbiche tra le quali lo stafilococco, che coltivato in associazione con il B. di Pfeiffer, permette a questo di svilupparsi in modo eccezionale e di formare colonie di dimensioni assai più grandi del normale. Evidentemente l'elaborazione del fattore V da parte dello stafilococco ne determina un eccesso di concentrazione che va a favore del primo microrganismo. Recenti lavori di A. ed M. Lwoff hanno potuto dimostrare come il fattore V altro non sia che una cozimasi e precisamente una coidrogenasi, catalizzatore necessario alla respirazione del B. di Pfeiffer, di cui quest'ultimo è incapace di sintesi.

Sembra infatti che molti di questi fattori di accrescimento agiscano nel senso di catalizzare i fenomeni di deidrogenazione che stanno alla base delle ossidazioni metaboliche e respiratorie nei micròbi come nel meccanismo della respirazione cellulare in genere. Così l'aneurina che, come dimostrò ampiamente lo Schopfer, è utile, anche in tracce infinitesimali, a molti microrganismi alcuni dei quali possono anche utilizzare i suoi costituenti derivanti

dalla pirimidina e dal tiazolo, esplicherebbe la sua azione intervenendo nella sintesi della carbosilasi. Hills avrebbe visto infatti che in sua assenza, lo stafilococco aureo coltivato su piruvato, rallenterebbe notevolmente i processi respiratori. D'altro canto la lattoflavina, sostanza indispensabile per la moltiplicazione di svariati microrganismi incapaci di farne la sintesi (fra gli altri i comuni fermenti lattici), è notoriamente il costituente principale del fermento giallo di Warburg. Anche l'acido nicotinico, fattore d'accrescimento per vari micròbi, fra i quali il proteo e lo stafilococco aureo, sarebbe esso stesso legato a fenomeni respiratori poichè entra nella sintesi della coidrogenasi che, come abbiamo ricordato, costituisce il fattore V di Davis.

Un fattore d'accrescimento che sembra essere comune a tutti gli anaerobi sporigeni, essendo essi incapaci della sua sintesi, è stato scoperto nel 1933 da Knight e Fildes. Si tratta di una sostanza diffusa nei tessuti animali e vegetali oltre che in quasi tutti i microrganismi aerobi che hanno la possibilità di farne la sintesi. Questo fattore può agire fino ad una diluizione di 2×10^7 . La necessità da parte degli anaerobi di questo fattore di accrescimento rappresenta una nuova causa della simbiosi fra anaerobi ed aerobi, indipendentemente dal reciproco comportamento rispetto all'ossigeno.

Secondo una interessante osservazione recentemente fatta da Silverman e Werkman sul *Propionibacterium pentosaceum*, i microrganismi potrebbero più o meno lentamente adattarsi ai terreni nutritivi privi di vitamina B₁, nel senso che si allenerebbero alla sintesi della aneurina che inizialmente erano incapaci di formare.

Tutte queste esigenze dei microrganismi rispetto ai fattori di accrescimento richiamano alla nostra mente il cosiddetto Bios di Wildiers sulla cui composizione gli studi di questi ultimi anni ci hanno in parte illuminati. Infatti la biotina, sostanza aminata e solforata riscontrata da Koegl, è capace ancora di agire sul lievito alla diluizione di $1 : 4 \times 10^{11}$. Essa però per esplicare la sua funzione dovrebbe essere accompagnata, secondo Devloo, da un altro fattore: il Biosterolo, che sarebbe sfuggito prima perchè sempre presente in minutissime tracce nello zucchero impiegato per le culture. Ed altre sostanze ancora quali ad es. la leucina, sarebbero contenute nel Bios, tuttavia il modo d'azione di esse non ci è ancora completamente noto. Alcune di tali sostanze sono state anche saggiate rispetto a microrganismi terricoli e si è potuto constatare ad esempio una accelerazione *in vitro* dei processi metabolici del *Rh. radicola*.

Un lato particolarmente interessante offre il Bios al nostro ordine di idee, poichè esso agisce non soltanto sui microrganismi ma anche sullo sviluppo dei vegetali superiori, probabilmente per il suo contenuto in Biotina che — come ha dimostrato il suo scopritore — accelera notevolmente lo sviluppo degli embrioni di pisello sterilmente coltivati. Questa constatazione ci offre il destro di rilevare la funzione che i microrganismi possono esercitare indirettamente sullo sviluppo delle piante attraverso alle sostanze da essi elaborate anche nei riguardi della formazione delle cosiddette *auxine* od ormoni vegetali. Nielsen fu molto probabilmente il primo studioso a constatare la produzione di ormoni utili all'accrescimento delle piante da parte dei mi-

crorganismi. A vero dire, da oltre cinquant'anni sappiamo che i microrganismi possono produrre durante il loro metabolismo l'acido β -indolo-acetico ma non si sapeva allora che questa sostanza esercitasse la funzione di auxina vegetale. In una serie di lavori Koegl ed i suoi collaboratori hanno determinato la costituzione chimica degli ormoni delle piante cui seguì la scoperta della etero-auxina, cioè dell'acido β -indolo-acetico nell'urina. Dopo il lavoro del Nielsen del 1930 molti AA. ebbero occasione di constatare come le auxine fossero largamente elaborate dai microrganismi. Nel 1939 J. L. Roberts ed E. Roberts hanno esaminato 75 terreni indiani, isolando 150 specie di schizomiceti ed ifomiceti che sono stati studiati onde stabilire la loro possibilità di produrre auxine. Essi hanno constatato che il 66 % poteva effettivamente produrre queste sostanze su substrati organici ed il 30 % anche su substrati sintetici. I microrganismi aventi la possibilità di elaborare auxine su mezzi nutritivi minerali appartenevano tutti agli schizomiceti; nessuna muffa ha prodotto infatti auxine in assenza di sostanza organica. Questi AA. suppongono che i microrganismi elaborino l'etero-auxina come risultato finale del catabolismo del triptofano o come prodotto intermedio di questa attività.

Per quanto il numero dei microrganismi esaminato dai due Roberts sia notevole, non si può affermare che tutti i microrganismi abbiano la possibilità di elaborare auxine. Certamente molti di essi sono sensibilissimi alla loro presenza nelle culture, come ha potuto constatare il Ball coltivando l'*Escherichia Coli* in terreni sintetici aggiunti di etero-auxina e lo Zironi, coltivando in usuali terreni nutritivi aggiunti di auxine il *B. di Ducrey* e attenendone rigogliose culture, quando è noto che questo microrganismo non sviluppa che in presenza di sangue. Operando su microrganismi del terreno e precisamente sull'*Azotobacter chroococcum* ho potuto constatare come la stessa auxina dia luogo non soltanto ad un maggior sviluppo microbico ma anche ad una maggiore quantità di azoto fissato. Questa sensibilità dell'*Azotobacter* alle auxine, potrebbe offrire una spiegazione per analogia, delle esperienze di Allison ed Hoover sulla moltiplicazione del *Rh. radicola* coltivato su terreni sintetici in presenza di un fattore di accrescimento estratto dall'humus ed ipoteticamente identificato con l'acido umico.

Ad ogni modo, la possibilità che gran parte dei microrganismi del suolo possa elaborare sostanze così importanti per la vita delle piante, ancora attive a diluizioni tanto elevate, dimostra ulteriormente la perfetta armonia che lega vegetali superiori e microrganismi. Indipendentemente infatti dalla importanza che i microrganismi hanno nell'elaborare, trasformare e custodire gli elementi fertilizzanti, cioè le sostanze nutritive dei vegetali, essi sono legati attraverso ai prodotti del loro ricambio coi fenomeni di germogliamento ed accrescimento dei vegetali superiori.

Il suolo è ben lungi quindi dall'essere soltanto sede meccanica per le radici delle piante ma si può affermare che le attività fisiologiche dei vegetali si prolungano oltre le minute terminazioni capillari delle radici e trovano una continuità biochimica nel complessissimo mondo micròbico. E si noti ancora come singole specie di piante superiori, per le particolari trasformazioni chimiche e fisiche che determinano intorno alle radici, favoriscano il costituirsi di una microflora specifica che può essere utile o dannosa a seconda

delle esigenze della pianta e dell'equilibrio dei restanti fattori ambientali. Basti ricordare la funzione delle cosiddette batteriorizze, così ampiamente illustrata dal Perotti, e la caratteristica faunola protozoarica rilevata da R. e L. Grandori intorno alle radici di alcune piante ad alto fusto.

Se teniamo presente infine, la probabilità che dai rapporti intimi fra microrganismi e piante superiori possano in taluni casi derivare a queste ultime, delle sensibilizzazioni specifiche od aspecifiche nei riguardi di taluni microrganismi del terreno, sì da dar luogo a delle vere e proprie vaccinazioni o sensibilizzazioni delle piante rispetto a questi, si vede quanto complessa possa essere l'influenza esercitata dalla microflora terricola sopra la vita delle piante superiori. Nè si creda che queste ultime considerazioni costituiscano esclusivamente delle brillanti ipotesi, giacchè una copiosa letteratura, alla quale sono orgoglioso di aver dato il mio contributo, dimostra ormai la possibilità per i tessuti vegetali di reagire, analogamente a quelli animali, all'azione immunizzante, intesa in senso lato, di microrganismi vivi o morti o dei loro prodotti di ricambio. D'altra parte, le ricerche di Leeman circa l'influenza dei prodotti metabolici dei microrganismi del terreno sullo sviluppo delle piante hanno sperimentalmente dimostrato l'esistenza di influenze favorevoli o sfavorevoli sulla loro germinazione e sull'accrescimento a seguito di assorbimento radicale dei prodotti stessi. Considerazioni analoghe si potrebbero trarre dagli interessanti lavori della Scuola di Peyronel sul diverso comportamento delle secrezioni ifomicetiche sulla germinazione dei semi e sullo sviluppo di vegetali, oltre che dalla imponente raccolta di nozioni che ci viene offerta dalla letteratura riguardante quell'interessantissimo esempio di simbiosi che è la micorizzia allo studio della quale Peyronel ha dato un contributo fondamentale.

Anche la batteriofagia, fenomeno in certo senso legato ai problemi immunitari, è stata riscontrata nei riguardi dei microrganismi del terreno. Demolon e Dunez in Francia, io e Castellani in Italia, abbiamo messo in rapporto la così detta stanchezza dei medicaî con la presenza nelle nodosità di vecchie piante, e nei terreni da lungo tempo sottoposti a tali culture, dello specifico batteriofago del *Rh. radicola* studiandone anche le condizioni di azione, sviluppo e diffusione.

Mi lusingo che il rapido sguardo dato ad alcuni aspetti della vita microbica del terreno, sia sufficiente a dimostrare quanta utilità possa derivare da un approfondimento delle nostre conoscenze in questo campo di studi, non soltanto come contributo alla biologia vegetale inteso in senso naturalistico, ma come fondamentale indagine necessaria ad ampliare le nostre conoscenze sulle condizioni che regolano la vita dei vegetali coltivati. Gran parte del progresso agrario è legato al razionale sfruttamento delle piante coltivate, razionale sfruttamento che non significa soltanto grossolano aumento di prodotto ma eziandio produzione sana, ricca in elementi nutritivi, armonicamente completa in tutti i suoi fattori vitaminici e, aggiungiamo pure, saporita e fragrante di profumi, quali debbono essere gli alimenti per un popolo in rapido accrescimento e di alacre attività quale è il popolo italiano.

Una tale produzione non può essere conseguenza che di coltivazioni la cui tecnica sia basata soprattutto sul razionale sfruttamento e potenziamento

delle energie naturali del terreno, considerato quindi non come inerte substrato fisico-meccanico entro il quale circolano o sostano "gli indispensabili minerali fertilizzanti, ma come una inscindibile manifestazione vitale che va dal microorganismo, al più eccelso e lussureggiante albero.

Non mi farebbe meraviglia che taluno considerasse questi studi come eccessivamente teorici, non offrendo essi delle sicure ed immediate applicazioni pratiche o magari professionali; di conseguenza non saprei se essi debbano venire classificati fra quelli di scienza pura o fra quelli di scienza applicata. Sono convinto che contrapporre l'una all'altra queste due forme di indagine scientifica, come usa taluno, voglia dire creare una questione assolutamente artificiosa e sminuire il valore della scienza in qualunque modo sia intesa. Lo sforzo di indagare, descrivere e coordinare le leggi dei fenomeni naturali costituisce lo scopo di ogni ricerca scientifica, sia che approfondisca la costituzione dell'atomo, od analizzi i fenomeni che accompagnano la maturazione del letame, indipendentemente dalla immediata o lontana applicazione pratica: applicazione del resto, che può scaturire improvvisamente anche dagli studi concepiti e condotti nel modo più assolutamente teorico. Nessuna attività tecnica e tanto meno l'attività che ha luogo nel vastissimo campo dell'agricoltura e delle industrie ad essa collegate trova possibilità di vero e *continuativo progresso* se non è profondamente permeata di spirito scientifico.

Comunque, scienza pura o scienza applicata che esso sia, questo interessante capitolo delle scienze biologiche che è la Microbiologia del terreno, non può trovare sede più propizia per le sue indagini che nelle nostre Facoltà di Scienze Agrarie ove il complesso problema può venire affrontato dal concorde sforzo dei biologi e chimici del terreno.

Noi abbiamo fede che da questi studi possano derivare conquiste di nuove verità e feconde deduzioni a vantaggio dell'agricoltura.

Miei cari studenti,

Sono trascorsi i tempi nei quali gli studiosi si estraniavano dal mondo, vivendo esclusivamente in più o meno elevate sfere spirituali. Oggidì la vita nazionale con i suoi problemi sociali ed economici è entrata anche nelle aule universitarie. Ve l'hanno portata soprattutto i giovani e non da oggi soltanto ma da quando rompendo lunghe tradizioni e prevenzioni fecero la scuola centro di propaganda e di patriottismo, offrendo poi largo olocausto di sacrificio e di sangue nella grande guerra. Lo spirito rivoluzionario e innovatore di allora rivive oggi in voi; esso deve essere diuturnamente presente nel vostro animo, anche nelle aule e nei laboratori.

Se vi è una categoria di giovani che deve sentire più urgenti ed impetose le necessità riorganizzative messe in risalto dalla rivoluzione fascista, tale categoria è quella degli studenti d'Agraria.

I complessi problemi tecnici, economici e soprattutto sociali connessi alla organizzazione corporativa della produzione ed alla realizzazione di una più larga giustizia sociale, incontrano nel mondo agricolo le maggiori difficoltà di affermazione e l'ambiente più bisognoso di profonda conoscenza psicologica. L'elemento tecnico può rappresentare, nella razionale impostazione dei problemi e nell'avviamento alla loro risoluzione, un fattore di pri-

missima importanza; onde voi potete divenire i collaboratori più preziosi per un'ampia e rapida realizzazione dei postulati della rivoluzione.

Non desti meraviglia che io chiuda la mia prolusione con considerazioni che esulano da un dominio scientifico che può sembrare tanto lontano dalla vita sociale. Impartire l'insegnamento in un ordine di alta responsabilità politica e morale come indica la Carta della Scuola, ritengo significhi anche, per l'insegnante, tendere ad un affiancamento spirituale dei giovani che domani saranno chiamati ad assolvere una preminente azione tecnico-sociale. In tale senso so di potervi essere vicino con l'animo entusiasta, non unicamente per i problemi scientifici e tecnici, ma anche e soprattutto, per quelli della vita.

Voi avrete il grande privilegio, entrando nella vita attiva, di poter contribuire con il vostro ingegno e con il vostro lavoro alla realizzazione di quello che fu il sogno di molte generazioni passate: rendere grande la nostra Patria, non soltanto con il valore delle armi, ma altresì attraverso la elevazione spirituale e materiale di tutti i suoi figli. Siatene degni operando sempre con viva fede, anche a rischio di errare, poichè solamente lottando per un alto ideale con entusiasmo e disinteresse, si è veramente degni di quel divino dono che è la gioventù.
