

Relazione finale progetto OIGA (2009-2013): *Analisi della biodiversità molecolare di varietà di patate coltivate nella piana del Sele (Salerno-IT) e miglioramento della produttività mediante fertilizzazione con compost ottenuto dalla frazione organica dei residui solidi urbani (FORSU).*

Coordinatore scientifico: Prof. Stefano Castiglione, Dipartimento di Chimica e Biologia, Università degli Studi di Salerno, Via Giovanni Paolo II, N° 132, 84084 Fisciano (SA).

Impresa proponente: Azienda Agricola Tambasco Cosimato, Via Caserta, 84047 Capaccio (SA).

L'attività da svolgere sulla base degli obiettivi previsti dal progetto originale inviato al MIPAAF si proponeva una duplice finalità: condurre un'analisi della biodiversità molecolare di alcune varietà di patata (*Solanum tuberosum* L.) e valutare gli effetti di due diverse tipologie di fertilizzazione (minerale vs organica), attraverso l'allestimento di campi sperimentali, sia sul suolo che sulle colture. La scelta della specie vegetale (patata) per lo studio condotto è stata dettata da varie ragioni. La produzione della patata, terzo alimento maggiormente consumato al mondo, riveste un ruolo di rilievo a livello nazionale, con oltre 3 milioni e mezzo di quintali l'anno prodotti. In Campania la produzione, caratterizzata dalla precocità di maturazione, ha acquisito una fama indiscussa sui principali mercati poiché le particolari condizioni pedoclimatiche delle aree storicamente interessate alla coltivazione della patata conferiscono al prodotto pregiate caratteristiche organolettiche, che lo rendono particolarmente adatto al consumo fresco e molto apprezzato nella dieta mediterranea.

Gli obiettivi principali, quelli generali e specifici, e le fasi di realizzazione proposti dal progetto originale inviato al MIPAAF sono di seguito riportati.

Finalità principali e fasi della ricerca (punto 7.2 progetto proposto) sono:

- valutazione della biodiversità (in termini molecolari) di varietà di patata largamente coltivate in Italia e in Campania e di varietà di patata autoctone della piana del Sele (Salerno-Campania),
- analisi dell'espressione genica in relazione alla fertilizzazione con compost,
- definizione di sistemi orticoli conservativi delle risorse ambientali attraverso la valorizzazione della frazione organica dei rifiuti solidi urbani stabilizzata mediante compostaggio.

Il programma di ricerca è stato articolato in 4 Fasi:

1. Acquisizione di informazioni relative alle varietà registrate di patata. Recupero e catalogazione del germoplasma disponibile.
2. Analisi e stima mediante marcatori molecolari del livello di biodiversità del germoplasma.
3. Realizzazione di tre impianti sperimentali utilizzando le varietà che hanno mostrato la maggiore variabilità genetica e biodiversità, stimate in Fase 2.

4. Valutazione degli effetti delle due tipologie di fertilizzazione sulle proprietà fisiche, chimiche e biologiche del suolo, nonché sulle caratteristiche produttive delle varietà coltivate.
5. Rilievi agronomici e stima dell'espressione genetico-differenziale per valutare gli effetti del compost sulle colture orticole.

Obiettivi generali e specifici (punto 7.3 progetto proposto):

1. valutazione della biodiversità (in termini molecolari) di varietà di patata largamente coltivate e di varietà autoctone della piana del Sele (Salerno-Campania),
2. espressione genica in relazione alla fertilizzazione con compost,
3. definizione di sistemi orticoli conservativi delle risorse ambientali attraverso la valorizzazione della frazione organica dei rifiuti solidi urbani stabilizzata mediante compostaggio.

Obiettivi specifici e intermedi del progetto proposto al punto 1 sono:

- A) caratterizzazione delle principali varietà di patata coltivate in Italia, di quelle Campane e di quelle coltivate nella piana del Sele in particolare;
- B) stima del livello di biodiversità molecolare delle varietà analizzate;
- C) selezione sulla base della genotipizzazione molecolare delle varietà con il maggior livello di biodiversità da utilizzare nelle prove in campo.

Obiettivi specifici e intermedi del progetto proposto al punto 2 sono:

- A) identificazione mediante tecniche di *differential display* (cDNA-AFLP) di geni sovra- o sotto-espressi nelle tesi trattate con compost rispetto a quelle fertilizzate con concimi minerali;
- B) clonazione e sequenziazione di tali geni;
- C) stima quantitativa dei livelli di sotto- o sovra-espressione dei geni identificati al punto 2 A mediante Real-Time PCR.

Obiettivi specifici e intermedi del progetto proposto al punto 3 sono verificati attraverso il monitoraggio di parametri sensibili agli effetti indotti dai trattamenti, specificamente:

- A) la biomassa microbica del suolo;
- B) l'attività biologica del suolo;
- C) la disponibilità di nutrienti, con particolare riferimento alla frazione minerale dell'azoto;
- D) i risultati produttivi in termini di qualità e quantità;
- E) la disponibilità di metalli pesanti nel suolo e l'eventuale accumulo nei tessuti vegetali.

Relazione delle attività di ricerca svolte in base agli obiettivi proposti al punto 1.

7.3.1 valutazione della biodiversità (in termini molecolari) di varietà di patata largamente coltivate e di varietà autoctone della piana del Sele (Salerno-Campania),

7.3.1 A e B recupero germoplasma (tuberi) di patata e stima del livello di biodiversità molecolare.

Varietà di patata (54) sono state acquisite principalmente dal centro di raccolta del germoplasma *Science and Advice for Scottish Agriculture* (SASA, Edinburgo–Scozia). Attraverso l'impiego di marcatori molecolari randomizzati (AFLP, *Amplified Fragment Length Polymorphisms* - Vos et al., 1995) è stato condotto uno studio volto a caratterizzare il livello di polimorfismo esistente tra le varietà di patata d'interesse (per ulteriori dettagli far riferimento alla relazione intermedia). I dati molecolari sono stati elaborati in un albero di similarità riportato in Fig. 1.

7.3.1 C Selezione sulla base della genotipizzazione molecolare delle varietà con il maggior livello di biodiversità e allestimento delle prove sperimentali in campo.

Sulla base della tipizzazione molecolare, che non ha evidenziato una notevole clusterizzazione tra le varietà di patata analizzate, sono state selezionate sette varietà di patata caratterizzate da un elevato livello di biodiversità e destinate alle prove in campo realizzate durante le annate agrarie 2010, 2011, 2012 e 2013. Nella Tabella 1 sono riportate le varietà di patata selezionate e utilizzate per ciascuna prova sperimentale. La proposta progettuale originale inviata al MIPAAF prevedeva l'allestimento di tre prove sperimentali con cadenza annuale. Tuttavia nell'anno 2012, a causa di avverse condizioni meteorologiche (forte siccità) e fitosanitarie, non è stato possibile ottenere un raccolto di buona qualità, sufficiente alla realizzazione degli obiettivi indicati nel progetto. Pertanto, si è ritenuto opportuno allestire nuovamente la terza prova sperimentale nel Marzo 2013, poi conclusasi a fine giugno.

Per ciascuna prova, il campo sperimentale, sito a Capaccio Scalo (SA) nella piana del Sele, è stato suddiviso in due aree fertilizzate in maniera differenziata.

Tabella 1

Varietà usate per l'allestimento del campo sperimentale.			
Anno 2010	Anno 2011	Anno 2012	Anno 2013
King Edward	Kebizz	Red Pontiac	Red Pontiac
Pentland Dell	Giselle	Jaerla	Wiljia
Wiljia	Inara	Desiree	Pentland Dell
Maris Piper	Primura	Arran Banner	Gilda
Red pontiac	Gilda	Ulster Prince	Ape Rossa
Kingston	Ape Rossa	Milva	Kebizz
Spunta	Kingston	Spunta	Riccione di Napoli

Ad ogni impianto, il terreno è stato sottoposto a una fresatura presemina, e al momento della semina, effettuata a mano, si è provveduto a una preventiva assolacatura. Le distanze di impianto sono state quelle utilizzate

normalmente nella zona di Capaccio, vale a dire 70 cm tra le file e 25 cm sulla fila.

Al momento della semina il materiale riproduttivo era già provvisto di germogli ben evidenti. La superficie del campo è stata suddivisa in due aree uguali di 4 parcelle ciascuna. Su una metà del campo sperimentale le varietà di patate sono state coltivate fertilizzando il terreno con compost (20 ton/ha di sostanza secca), mentre sull'altra le medesime varietà sono state coltivate concimando il terreno in base all'esperienza maturata nel corso degli anni dall'Azienda Agricola Tambasco. La fertilizzazione con compost alla dose di 20 tonnellate per ettaro è stata effettuata una volta all'anno, circa un mese prima della semina, mentre quella con il concime chimico di sintesi alla rincalzatura. L'irrigazione per aspersione (a pioggia) è stata effettuata in più momenti a seconda delle necessità. Per quanto riguarda il diserbo non si è intervenuti chimicamente, ma solo meccanicamente. Gli operai hanno operato una scerbatura manuale ogni qualvolta se ne sia presentata la necessità.

Per quanto riguarda la difesa fitosanitaria, i trattamenti contro la Peronospora sono stati tre, con cadenza di circa quindici giorni tra un trattamento e l'altro, a partire dalla fine di aprile. In sequenza sono stati distribuiti i seguenti formulati commerciali: Ridomil gold r, r6 Erresei bordeaux e Ramin. La Dorifora ha richiesto due trattamenti a base Karate zeon 1.5.

Relazione delle attività di ricerca svolte in base agli obiettivi proposti al punto 2

7.3.2 Espressione genica in relazione alla fertilizzazione con compost

7.3.2 A Identificazione mediante tecniche di *differential display* (cDNA-AFLP) geni sovra- o sotto-espressi nelle tesi trattate con compost rispetto a quelle fertirrigate;

Per valutare gli effetti del compost sulle colture orticole è stato condotto uno studio comparativo su alcune varietà di patata coltivate su suolo fertirrigato o ammendato con compost. Al termine delle rispettive stagioni vegetative (Luglio 2010 e Luglio 2011), si è proceduto con il recupero del materiale vegetale (tuberi e foglie) da piante delle varietà Red Pontiac e Ape Rossa dalle parcelle sottoposte ai due differenti tipi di fertilizzazione. Due differenti analisi molecolari sono state effettuate sul materiale vegetale recuperato: cDNA-AFLP e MSAP. Queste metodologie hanno permesso di valutare gli effetti delle due tipologie di fertilizzazione sul trascrittoma (cDNA-AFLP - *cDNA-Amplified Fragment Length Polymorphism*; Vuylsteke et al., 2006) e sull'epigenoma (MSAP-*Methylation Sensitive Amplified Polymorphism*; Aina et. al, 2004) in tubero e foglia. Entrambe le metodiche combinano le potenzialità della PCR alla specificità degli enzimi di restrizione e sono varianti della metodica AFLP. La metodica MSAP consente di studiare i fenomeni epigenetici, mentre la tecnica cDNA-AFLP è stata impiegata per l'analisi trascrittomica. La metodica cDNA-AFLP ha trovato larga diffusione nel campo della trascrittomica come una delle tecnologie più sensibili e affascinanti che consentono l'identificazione di nuovi geni d'interesse differenzialmente espressi. Essa permette di comparare il profilo di espressione genica di numerosi campioni anche senza conoscerne la sequenza nucleotidica e fornisce utili informazioni sul livello di espressione dei geni attivati e/o repressi in funzione di un trattamento. Sebbene utilizzata in numerosi studi di espressione genica differenziale in specie animali e vegetali (Vuylsteke et al., 2007), la tecnica è risultata di non semplice applicazione in tutti gli esperimenti preliminari condotti. Da qui si è resa necessaria la collaborazione con il laboratorio del Prof. Vuylsteke dell'Università di Gent (Belgio) per la messa a punto del protocollo cDNA-AFLP sul materiale vegetale recuperato. Dai tuberi e dalle foglie raccolti sono stati estratti gli RNA totali e da questi sono state

ottenute collezioni di cDNA (DNA copia) rappresentative degli mRNA espressi negli organi delle piante, cresciute nelle diverse condizioni sperimentali. Il cDNA prodotto è stato poi utilizzato come DNA substrato per l'identificazione di polimorfismi mediante l'ormai bene collaudata metodica AFLP. La strategia di amplificare selettivamente i frammenti permette di aumentare considerevolmente la qualità del template e di ottenere sottoinsiemi diversi di cDNA. I prodotti derivati dall'amplificazione in PCR (con 15 diverse coppie di primer oligonucleotidici) sono stati separati mediante corsa elettroforetica su piattaforma Li-COR (Fig. 2). Nel caso specifico la tecnica cDNA-AFLP ha permesso di valutare se i geni fossero differenzialmente espressi in tubero o foglia in risposta ai due diversi tipi di fertilizzazione. L'analisi trascrittomica condotta sui tuberi di entrambe le varietà, Red Pontiac e Ape Rossa, ha evidenziato profili elettroforetici simili per tutti i campioni analizzati, denotando che il trascrittoma non si modifica in maniera sostanziale in funzione del trattamento di fertilizzazione effettuato sulla coltura.

La tecnica MSAP (Aina et al., 2004) permette di valutare eventuali modificazioni epigenetiche a carico del DNA. Dopo aver estratto dai tuberi e dalle foglie il DNA genomico sono stati condotti esperimenti preliminari, volti a mettere a punto la metodologia MSAP e a saggiare le combinazioni di primer utilizzabili per le amplificazioni in PCR. I campioni sono stati processati utilizzando con 6 combinazioni di primer oligonucleotidici. I prodotti MSAP derivati dall'amplificazione in PCR, che ha previsto l'utilizzo di molteplici combinazioni di coppie di primer oligonucleotidici, sono stati separati mediante corsa elettroforetica su gel di poliacrilammide al 6,0%, in condizioni denaturanti (Fig. 3). Il confronto tra i pattern elettroforetici ottenuti sul DNA di tubero (di entrambe le varietà studiate) non ha rivelato significative differenze tra quelle cresciute su suolo fertirrigato rispetto a quelle cresciute su compost. L'analisi MSAP ha dimostrato che anche l'epigenoma non subisce alterazioni sostanziali, in risposta ai due diversi tipi di fertilizzazione. Tale risultato conferma quindi l'analisi trascrittomica. Entrambe le analisi molecolari condotte dimostrano chiaramente che le due tipologie di fertilizzazione non determinano alcuna alterazione né a livello dell'epigenoma né a livello del trascrittoma sulle parti eduli della patata (tubero), garantendo l'assoluta salubrità del prodotto dovuta a uno stato metabolico e fisiologico

paragonabile per i due trattamenti di concimazione. Questo importante risultato potrebbe incoraggiare gli agricoltori ad un uso ecosostenibile ed equilibrato del compost in agricoltura e assicurare in tal modo i consumatori invogliandoli a mangiare prodotti alimentari certamente salubri, qualitativamente apprezzabili e ottenuti mediante l'ammendamento dei suoli agrari con compost certificato e di qualità.

7.3.2 B Clonaggio e sequenziamento dei geni differenzialmente espressi identificati al punto 7.3.2.A e stima quantitativa dei livelli di sovra e sotto espressione mediante Real-Time PCR.

Le analisi molecolari condotte non hanno evidenziato polimorfismi né a carico del DNA né del trascrittoma dei tuberi recuperati dal suolo ammendato con compost o da quello fertirrigato. Poiché non sono stati identificati geni e/o regioni genomiche alterate nei tuberi in funzione della fertilizzazione dei suoli, le fasi di clonaggio, sequenziamento e analisi di espressione non sono state realizzate.

Figura 2 Esempio di profilo elettroforetico cDNA-AFLPs ottenuto su tuberi di patata delle varietà Red Pontiac (lines 1-6; 13-18; 25-30. Annata agraria 2010) e Ape Rossa (lines 7-12; 19-24; 31-36. Annata agraria 2011). I campioni derivati da piante fertilizzate con concimi minerali sono indicati in verde, mentre quelli derivati da piante ammendate con compost sono indicati in rosso. Nella posizione indicata con M è riportato il marcatore di peso molecolare.

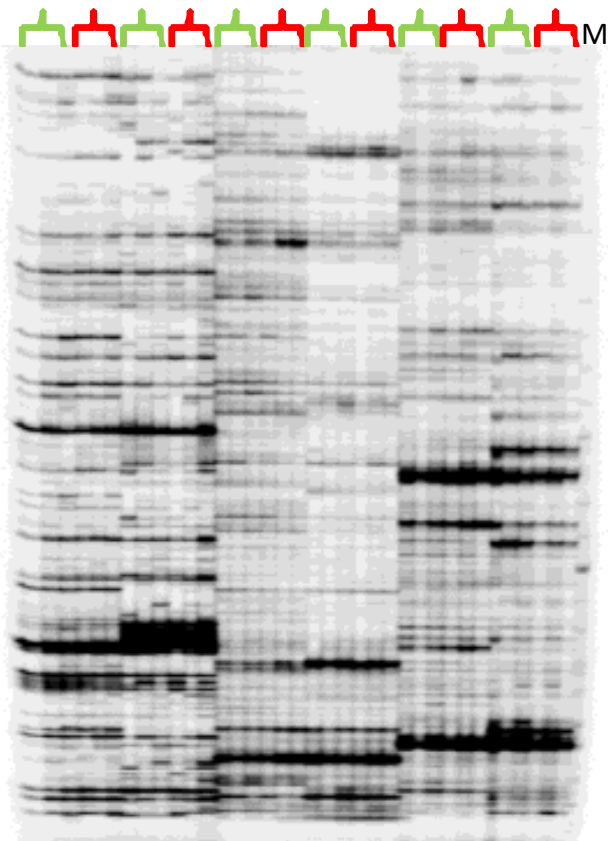
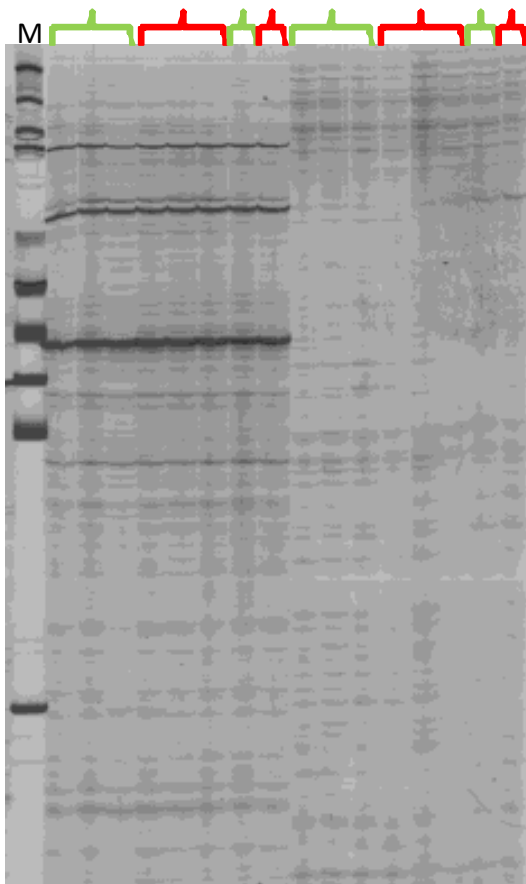


Figura 3 Esempio di profilo elettroforetico MSAP ottenuto su foglie (lines 7-8; 15-16) e tuberi (lines 1-6; 9-14) di patata della varietà Red Pontiac (lines 1-8 Digestione *EcoRI-MspI*; lines 9-16 Digestione *EcoRI-HpaII*). I campioni derivati da piante fertilizzate con concimi minerali sono indicati in verde, mentre quelli derivati da piante ammendate con compost sono indicati in rosso. Nella posizione indicata con M è riportato il marcatore di peso molecolare.



Relazione delle attività di ricerca svolte in base agli obiettivi proposti al punto 3

7.3.3 Definizione di sistemi orticoli conservativi delle risorse ambientali attraverso la valorizzazione della frazione organica dei rifiuti solidi urbani stabilizzata mediante compostaggio.

7.3.3 A e B Stima della biomassa microbica e attività biologica del suolo

Nell'agricoltura industriale il ricorso a pratiche agronomiche non conservative della risorsa suolo, come le lavorazioni intensive e l'uso massiccio e continuativo dei fertilizzanti minerali, risulta deleterio per il mantenimento di una serie di equilibri ecologici del sistema suolo nei quali la componente microbica svolge un ruolo chiave. Uno dei principali effetti della fertilizzazione con compost sulle proprietà del suolo, oltre quello di fornire elementi nutritivi per la crescita delle colture, è la stimolazione della microflora edafica e della sua attività metabolica, che influisce positivamente sulla qualità biologica del suolo e, conseguentemente, sulla sua fertilità. Un suolo con intensa attività microbica presenta una maggiore efficienza dei cicli biogeochimici e una maggiore resistenza all'attacco di patogeni tellurici, grazie a fenomeni di antagonismo e antibiosi, rispetto ad un suolo impoverito della sua componente microbica. Inoltre, la microflora del suolo produce sostanze biologicamente attive con effetto ormonosimile che stimolano la crescita delle piante. Per valutare i benefici derivanti dall'ammendamento organico si è scelto di monitorare alcuni parametri biochimici riconosciuti dalla letteratura scientifica come indicatori della qualità biologica del suolo. In particolare sono stati monitorati la biomassa microbica, la respirazione e tre attività enzimatiche: l'attività idrolasica totale, l'attività fosfatasica acida e quella alcalina. Tutti questi parametri sono stati determinati prima dell'inizio della prova agronomica (T0) e alla fine del ciclo colturale di ciascun anno di sperimentazione, ovvero nel luglio del 2010 (T1), 2011 (T2) e 2013 (T3). Da ogni parcella sono stati prelevati 8 subcampioni di suolo nello strato 0-10 cm, uniti a formare un campione omogeneo per ciascuna parcella. I campioni sono stati poi setacciati e conservati a 4°C fino a completamento delle analisi. Tutte le analisi sono state effettuate su due repliche di laboratorio.

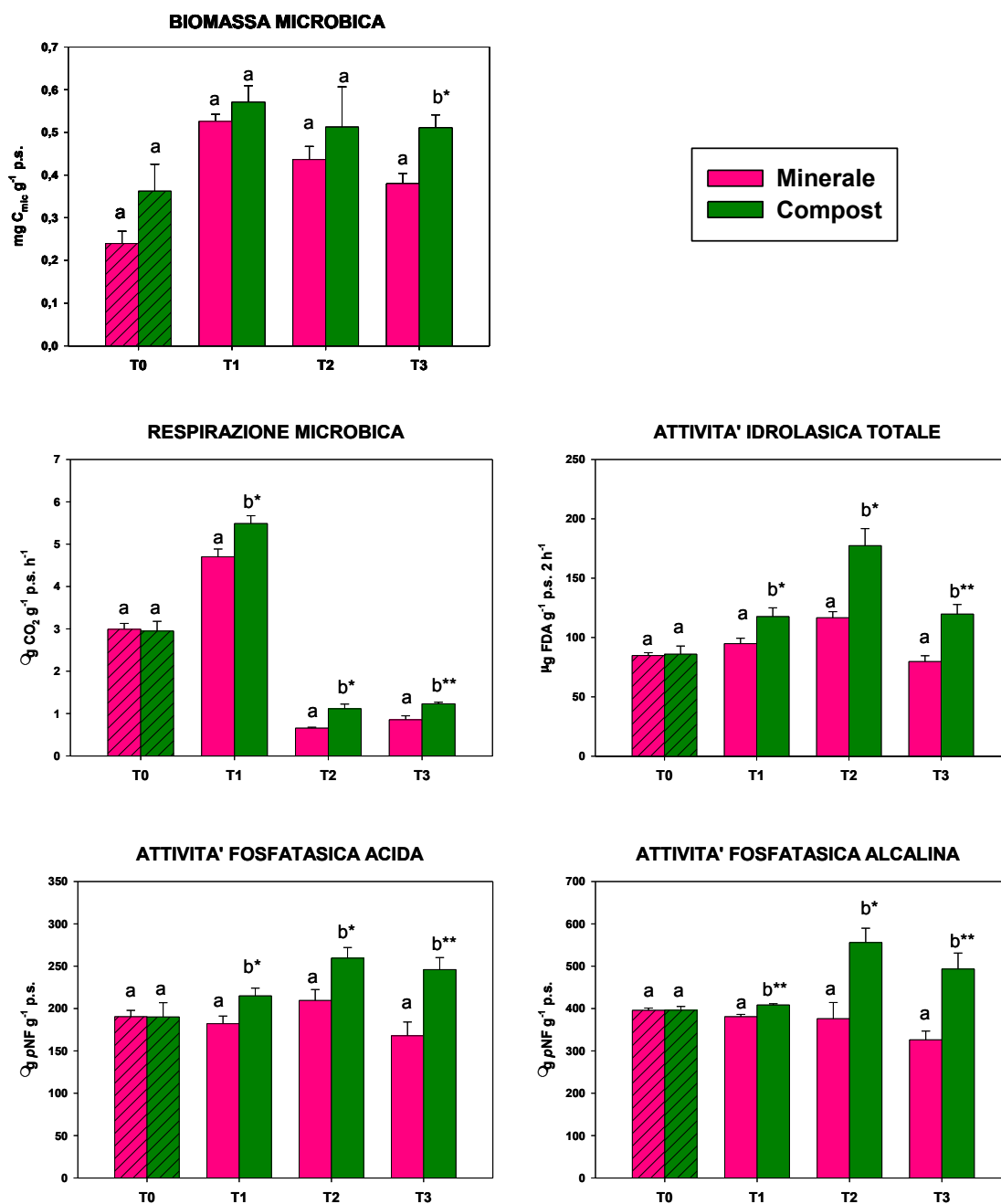
La biomassa microbica è stata determinata come carbonio microbico con il metodo della fumigazione-estrazione (Vance et al., 1987); il carbonio contenuto negli estratti ottenuti da campioni di suolo fumigati e non fumigati è stato analizzato mediante misuratore TOC-Shimadzu. Le attività enzimatiche sono state determinate utilizzando specifici substrati cromogeni, il diacetato di fluoresceina (FDA) per l'attività idrolasica totale e il *p*-nitrofenil-disodio-ortofosfato esaidrato, somministrato in soluzione tampone a pH 6,5 e 11, per l'attività fosfatasica acida e alcalina. Dopo opportuna incubazione, la concentrazione del prodotto della reazione enzimatica è stata determinata per via spettrofotometrica e convertita in valori di attività enzimatica mediante interpolazione delle assorbanze su rette di taratura opportunamente costruite mediante soluzioni standard.

I risultati sono riportati in figura 4. Al tempo T0 i valori di respirazione microbica, attività idrolasica totale e attività fosfatasica acida e alcalina risultavano molto simili tra le parcelle destinate ad essere ammendate con il compost e quelle destinate alla fertilizzazione minerale. Ciò indica che le condizioni di partenza del suolo che ha ospitato la prova erano abbastanza omogenee riguardo alle proprietà biologiche oggetto di studio. Solo la biomassa microbica presentava valori di partenza maggiori nelle parcelle destinate al trattamento con il compost, sebbene non vi fossero differenze significative rispetto a quelle destinate alla fertilizzazione minerale. Dopo il primo ammendamento con compost (T1), soltanto la biomassa microbica non presentava differenze significative tra le parcelle trattate con i due tipi di fertilizzazione, mentre tutti gli altri parametri biologici risultavano significativamente maggiori nelle parcelle trattate con il compost rispetto a quelle a fertilizzazione minerale, sebbene gli incrementi risultassero piuttosto modesti. Analogamente, dopo il secondo ammendamento con compost (T2) la biomassa microbica era l'unico parametro che non presentava differenze significative tra i due trattamenti, mentre tutti gli altri parametri presentavano valori maggiori nelle parcelle ammendate con il compost; per l'attività idrolasica totale e la fosfatasi alcalina le differenze tra i due trattamenti apparivano anche decisamente più cospicue rispetto all'anno precedente, con valori all'incirca 1,5 volte maggiori nelle parcelle ammendate con compost, rispetto a quelle a fertilizzazione minerale. Dopo il terzo ammendamento tutti i parametri analizzati, inclusa questa volta la biomassa microbica, risultavano significativamente maggiori nelle parcelle trattate con il compost. Questi risultati indicano che già un singolo ammendamento con 20 t ha⁻¹ di compost produce

importanti modificazioni nelle proprietà biologiche del suolo migliorandone la qualità, con effetti che possono amplificarsi se i trattamenti vengono ripetuti annualmente. Inoltre, nel caso specifico di questa prova, sembrerebbe che il compost determini una stimolazione delle attività metaboliche del suolo piuttosto che una crescita della biomassa microbica, considerato che per quest'ultima, differenze tra le parcelle, sebbene non significative, erano già presenti al tempo T0 e i trattamenti con il compost non sembrerebbero aver avuto effetti evidenti su questo parametro. L'incremento della respirazione (sebbene di modesta entità) e dell'attività idrolasica totale indicano, rispettivamente, un effetto positivo sul metabolismo ossidativo della microflora del suolo e sulla sua attività eterotrofica in generale, mentre l'incremento dell'attività fosfatasica (acida e alcalina) indica una maggiore capacità del sistema enzimatico del suolo di rendere disponibile per le colture, sotto forma di fosfato inorganico, il fosforo legato alla sostanza organica.

Figura 4. Biomassa microbica, respirazione e tre attività enzimatiche (valori medi $\pm$ errori standard) misurati prima dell'inizio dell'esperimento (T0), nel suolo delle parcelle destinate all'ammendamento con compost o alla fertilizzazione minerale, e alla fine del ciclo colturale del 2010 (T1), del 2011 (T2) e del 2013 (T3), nelle parcelle sottoposte ai due tipi di fertilizzazione.

Per ogni singolo campionamento lettere differenti indicano differenze statisticamente significative per $P < 0,05$ (*) o $P < 0,01$ (**).



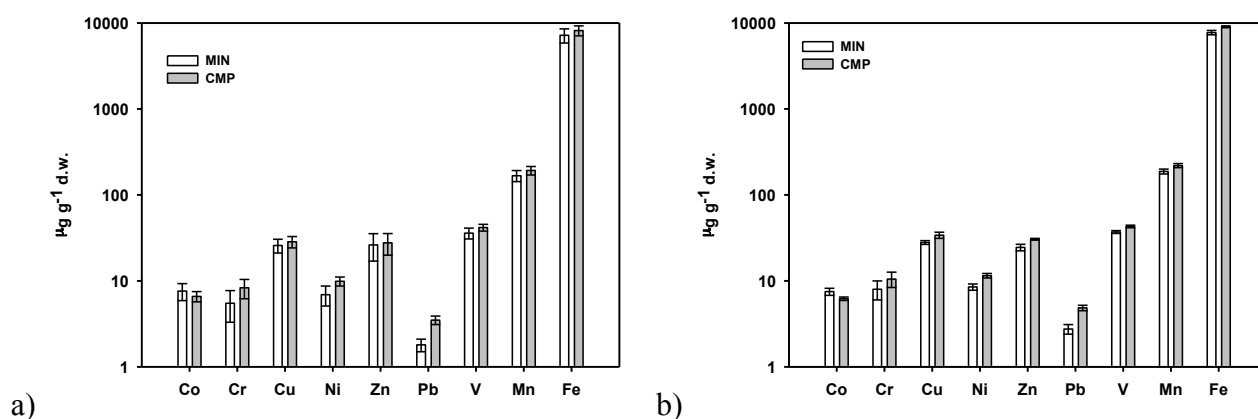
7.3.3 C Disponibilità di nutrienti, con particolare riferimento alla frazione minerale dell'azoto;

Per poter valutare in modo corretto gli effetti che le due diverse tipologie di fertilizzazione, quella minerale e quella fatta mediante ammendamento del terreno con compost ottenuto dalla frazione organica dei residui solidi urbani (FORSU), hanno prodotto sulla produzione delle varietà di patate coltivate nella piana del Sele, non si può prescindere da una analisi dei terreni su cui tale coltivazione avviene.

Lo studio condotto sui campioni di terreno ha mostrato un aumento del valore di conducibilità per quanto riguarda le parcelle ammendate con compost, ma non un'apprezzabile variazione del pH del suolo. Tale risultato è accettabile tenendo conto degli effetti dell'aggiunta di compost, e quindi di sostanze umiche, le quali aumentano la solubilità di molti ioni per complessazione, ma influenzano molto meno il pH del suolo, che dipende strettamente dalle caratteristiche del substrato.

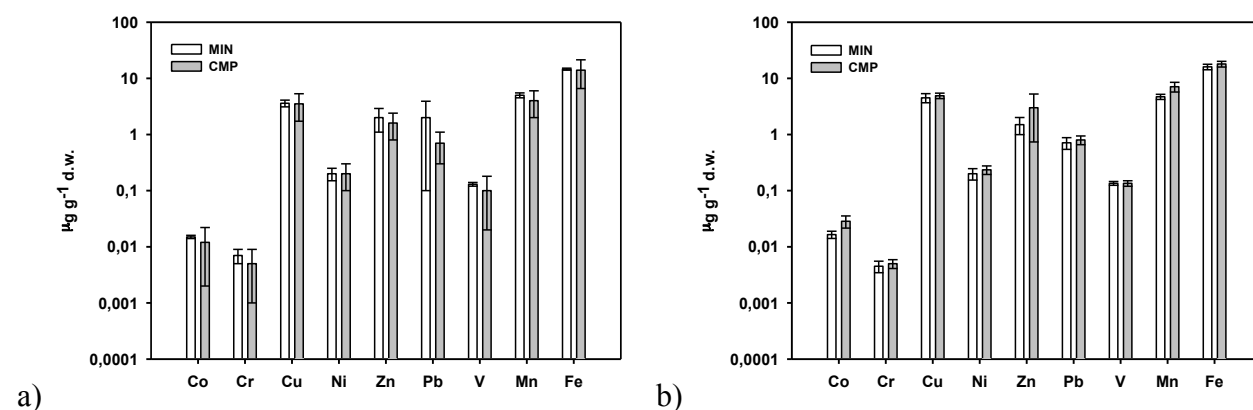
Accanto a un aumento della conducibilità, l'aggiunta di compost ha determinato un aumento della concentrazione totale di alcuni metalli in traccia (Fig. 5). C'è da dire, tuttavia, che, almeno per quanto riguarda il Ni ed il Pb, la maggiore concentrazione totale osservata nelle parcelle ammendate con compost è indipendente dal trattamento di fertilizzazione, dal momento che tali metalli presentavano concentrazioni maggiori in queste parcelle già prima della concimazione e della coltivazione.

Figura 5 a) Istogramma in scala logaritmica delle concentrazioni dei metalli totali per le parcelle di terreno (MIN = minerale, CMP = compost) prima della fertilizzazione e della coltivazione. b) Istogramma in scala logaritmica delle concentrazioni dei metalli totali per le parcelle di terreno ammendate con compost (CMP) e trattate con fertilizzante minerale (MIN).



Considerando i dati relativi alla frazione disponibile (Fig. 6), c'è da evidenziare come l'ammendamento con compost abbia determinato un aumento della disponibilità di Co e Mn, entrambi micronutrienti. Un tale risultato è facilmente comprensibile considerando l'effetto complessante delle sostanze umiche sugli ioni presenti nella soluzione suolo, effetto ampiamente confermato dalla letteratura.

Figura 6 a) Istogramma in scala logaritmica delle concentrazioni dei metalli disponibili per le parcelle di terreno (MIN = minerale, CMP = compost) prima della fertilizzazione e della coltivazione. b) Istogramma in scala logaritmica delle concentrazioni dei metalli disponibili per le parcelle di terreno ammendate con compost (CMP) e trattate con fertilizzante minerale (MIN).



La concentrazione totale degli elementi nel suolo, ma ancor più la frazione di questi elementi disponibile all'assorbimento da parte delle colture, influenza le caratteristiche della produzione orticola, da un punto di vista qualitativo. Infatti, se da un lato è importante la presenza di nutrienti utili al metabolismo umano, d'altra parte preoccupa l'eventuale accumulo di elementi tossici, quali alcuni metalli pesanti. Per questo motivo, è risultata di fondamentale importanza l'analisi elementale delle parti eduli delle varietà di patata coltivate. A tal fine, sono stati analizzati i tuberi delle varietà King Edward, Pentland Dell, Maris piper, Red pontiac, Wilja, Kingston e Spunta coltivate su suolo ammendato con compost e su suolo a fertilizzazione minerale e campionate durante il primo anno di sperimentazione in campo (2010). Le analisi si sarebbero dovute ripetere sulle varietà coltivate al termine della sperimentazione (2012) ma, a causa delle avverse condizioni meteorologiche e fitosanitarie verificatesi in quell'anno (secondo quanto su esposto), si è deciso di effettuarle sulle varietà coltivate nel 2013 (queste ultime analisi sono attualmente in corso). Nel 2010, da ciascuna delle 4 parcelle sperimentali, sono stati prelevati 3-4 tuberi da 3 piante per ciascuna varietà di patata; questi sono stati uniti per ottenere un unico campione rappresentativo per parcella, varietà e trattamento. Su tutti i campioni, seccati in stufa a 75 °C, è stato determinato il tenore idrico, variabile tra il 79 e l'84% del peso fresco, secondo quanto riportato nella relazione intermedia.

La caratterizzazione produttiva, in termini di qualità, ha riguardato la determinazione della concentrazione di potassio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na), zinco (Zn), ferro (Fe), manganese (Mn), rame (Cu), cadmio (Cd), piombo (Pb), nichel (Ni) e cromo (Cr), nei tuberi delle diverse varietà di patata, essendo queste le parti eduli della pianta ed allo stesso tempo gli organi di assorbimento e verosimilmente di accumulo degli elementi. A tal fine, i tuberi essiccati in stufa (75 °C fino a peso costante) sono stati inceneriti in muffola (550 °C per 4 ore), mineralizzati in ambiente acido (acido nitrico e fluoridrico, in forno a microonde) ed analizzati mediante spettrometria ad emissione ottica al plasma, ad accoppiamento induttivo (ICP-OES).

Le analisi hanno messo in evidenza significative differenze di concentrazione di elementi essenziali (K, Cu, Fe, Zn), indipendentemente dalle modalità di fertilizzazione del suolo, tra i tuberi delle 7 varietà coltivate (Fig. 7). I tuberi delle piante cresciute su suolo ammendato con compost hanno mostrato mediamente concentrazioni di potassio 1,2 volte

più elevate rispetto a quelli di piante cresciute su suolo a fertilizzazione minerale. Nessuna differenza significativa nella concentrazione di tutti gli altri elementi, sia essenziali che tossici, è stata osservata nei tuberi delle piante cresciute sui suoli a diversa fertilizzazione.

Le più alte concentrazioni di K riscontrate nei tuberi delle piante cresciute su suolo ammendato con compost, insieme al mancato trasferimento di elementi tossici alle parti eduli delle colture, rappresenta un risultato importante, dal momento che nell'alimentazione dell'uomo il potassio è richiesto in quantità relativamente abbondanti rispetto ad altri elementi essenziali. Sebbene differenze di concentrazione, sia di potassio che di altri elementi essenziali, siano state osservate tra le differenti varietà, a prescindere dalle modalità di fertilizzazione del suolo, le differenze tra le colture non sono apparse tali da giustificare la scelta di una varietà rispetto ad un'altra per le sue caratteristiche nutrizionali legate al contenuto di elementi essenziali.

7.3.3D Risultati produttivi in termini di qualità e quantità;

I risultati produttivi della prova sperimentale di campo (Annata agraria 2013) sono riportati nelle tabelle successive (Tabella 2 e 3). I dati ritenuti importanti per stimare la produttività delle diverse cultivar sono stati: il peso dei tuberi, il numero dei tuberi totali, il numero dei tuberi con calibro maggiore di 40 mm (40 +) e il numero dei tuberi con calibro inferiore ai 40 mm (40 -). Inoltre è stato stimato il contenuto di sostanza secca dei tuberi raccolti. L'analisi evidenzia che le due tipologie di fertilizzazione implementano in maniera differenziata la produttività delle colture.

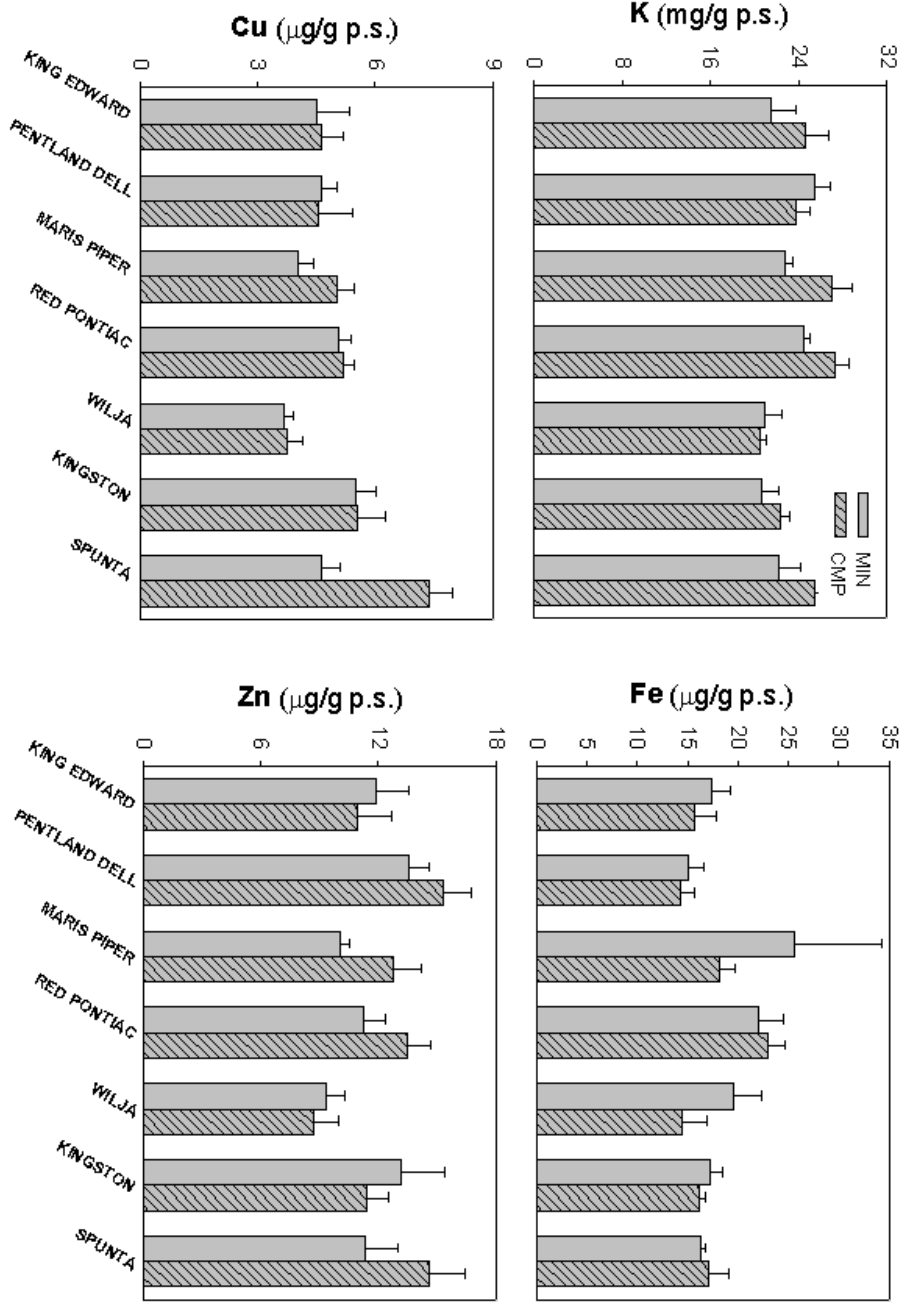
Tabella 2. Resa produttiva (Kg) dell'annata agraria 2013.

	Fertilizzazione minerale	Ammendamento con compost
Red Pontiac	198	155
Wiljia	150	113
Pentland Dell	180	135
Gilda	60	61
Ape Rossa	89	87
Kebizz	82	83
Riccione di Napoli	84	90

Tabella 3. Dati di produttività delle cultivars fertilizzate con concimi minerali o compost.

Varietà	Fertilizzante COMPOST				Fertilizzante MINERALE			
	n.tuberi	Calibro		SS	n.tuberi	Calibro		SS
		40 +	40 -			40 +	40 -	
Riccione Di Napoli	153	14	139	21,0	153	15	138	21,0
Gilda	89	26	63	20,5	89	27	62	20,6
Kebizz	80	40	40	23,0	80	41	39	22,4
Ape rossa	68	39	29	19,0	68	40	28	18,8
Red Pontiac	51	41	10	18,6	51	36	15	18,5
Pent Landell	69	35	34	18,0	69	37	32	18,3
Wiljia	116	35	81	16,7	116	45	71	17,2

Figura 7. Concentrazione media ($\pm$ errore standard) di potassio, ferro, rame e zinco nei tuberi delle 7 varietà di patata coltivate su suolo a fertilizzazione minerale (MIN) e su suolo ammendato con compost (CMP).



Dipartimento di Chimica e Biologia
Università degli Studi di Salerno
Via Giovanni Paolo II, 132
84084 Fisciano (SA)

Prof. Stefano Castiglione.