

UNIVERSITÀ CATTOLICA DEL SACRO CUORE

Sede di Piacenza

Dottorato di ricerca per il Sistema Agro-alimentare

Ciclo XXXVII

S.S.D: AGR/01; AGR/04; AGR/15



UNIVERSITÀ
CATTOLICA
del Sacro Cuore

***La Food Security* nei Paesi a Basso Reddito: aspetti nutrizionali ed agricoli**

Coordinatore:

Ch.mo Prof. Paolo Ajmone Marsan

Tutor:

Prof. Giuseppe Bertoni

Prof. Vincenzo Tabaglio

Prof. Paolo Ajmone Marsan

Tesi di Dottorato di:

Davide Reggi

N. Matricola: 5115019

Anno Accademico 2023/2024

“Non si può fare la storia se ti manca il cibo”

Dargen D'Amico

“Ma se io avessi previsto tutto questo, dati causa e pretesto, forse farei lo stesso”

Francesco Guccini

“Utilizziamo almeno una percentuale fissa del denaro impiegato negli armamenti per la costituzione di un Fondo mondiale che elimini definitivamente la fame e faciliti nei Paesi più poveri attività educative e volte a promuovere lo sviluppo sostenibile, contrastando il cambiamento climatico”

Papa Francesco

Indice

- **1. Introduzione...p. 5**
 - 1.1 Il concetto di Food Security...p. 5
 - 1.2 L'attuale situazione della Food Security...p. 11
 - 1.3 Aiuti per lo sviluppo e la lotta alla malnutrizione nei PBR...p. 18
 - 1.4 Bibliografia...p. 25

- **2. Obiettivi della ricerca...p. 31**

- **3. Produzione di biscotti Ready-to-Use Supplementary-Food (RUSF), con ingredienti a basso costo, per la cura della malnutrizione infantile nell'area dell'Africa sub-sahariana...p. 32**
 - 3.1 Introduzione...p. 32
 - 3.2 Materiali e metodi...p. 35
 - 3.3 Risultati...p. 38
 - 3.4 Discussione...p. 43
 - 3.5 Conclusioni...p. 46
 - 3.6 Appendice...p. 48
 - 3.7 Bibliografia...p. 56

- **4. Intensificazione della produzione orticola mediante tecnica bioponica innovativa...p. 63**
 - 4.1 Introduzione...p. 63
 - 4.2 Scopo dello studio...p. 70
 - 4.3 Materiali...p. 70
 - 4.4 Risultati...p. 79
 - 4.5 Discussione...p. 98
 - 4.6 Conclusione...p. 102
 - 4.7 Bibliografia...p.103

- **5. Valutazione d'impatto del Progetto C3S su Food Security, Multidimensional Poverty e sviluppo agricolo nella regione di West Garo Hills, in Meghalaya (India)...p. 111**
 - 5.1 Introduzione...p. 111
 - 5.2 Contesto...p. 114
 - 5.3 Metodologie e raccolta dati...p. 120
 - 5.4 Risultati e discussione...p. 133
 - 5.5 Conclusione...p. 139
 - 5.6 Appendice A...p. 142
 - 5.7 Appendice B...p. 151
 - 5.8 Bibliografia...p. 159
- **6. Conclusioni generali...p. 168**

1. Introduzione

1.1 Il concetto di Food Security

1.1.1 Definizione

L'attuale definizione per Food Security (FS) è la seguente: “La Food Security esiste quando tutte le persone, in ogni momento, hanno accesso fisico, sociale ed economico a cibo sufficiente, sicuro e nutriente, capace di soddisfare i bisogni nutritivi e le preferenze alimentari per condurre una vita sana e attiva” (FAO, 2002). Come si può evincere dalla definizione FAO, il concetto di FS è un insieme di vari aspetti, per la precisione quattro (Minardi, 2018):

- Disponibilità, come possibilità di alimentarsi tramite cibo fornito da produzione domestica, acquistato o stoccato.
- Accesso, come diritto legale, politico, economico e sociale di procurarsi il necessario per sfamarsi.
- Utilizzo, come possibilità del singolo di avere una dieta adeguata e acqua pulita e potabile, volti al perseguimento del proprio benessere fisico tramite soddisfazione dei bisogni fisiologici del corpo.
- Stabilità, come possibilità di accesso ad una dieta adeguata in ogni momento, senza condizionamenti da eventuali crisi climatiche od economiche.

Partendo dalla definizione di FS può viceversa essere definita la Food Insecurity, ovvero quando una o più delle quattro dimensioni sopracitate è assente o quando “la disponibilità di cibo sicuro e nutrizionalmente adeguato è limitata o incerta” (FAO, 2003). Questa condizione può essere dovuta a mancanza di risorse, sia economiche che materiali (Cafiero & al., 2014), può essere transitoria, se è legata ad un breve periodo di tempo (crisi economiche o ambientali), oppure cronica, quando è connessa con situazioni continuative, come una condizione di povertà strutturale. Alla Food Insecurity è poi connessa la malnutrizione, che FAO, WFP & IFAD (2012) hanno definito come “una condizione fisiologica di anormalità causata da deficit, eccesso o sbilanciamento in energia, proteine e/o altri nutrienti”. Infine, tenendo conto della connessione tra FS, malnutrizione e stato di salute (perché la malattia è di per sé una causa di riduzione dei nutrienti disponibili), lo stesso documento ha espresso il concetto di Nutrition Security: “Una situazione in cui l'accesso sicuro ad una dieta nutrizionalmente appropriata è accompagnato da servizi per la cura della salute adeguati, tali da assicurare una vita sana e attiva a tutti i membri del nucleo familiare”.

1.1.2 Storia ed evoluzione del concetto di Food Security

(Ellis & Biggs, 2001) (Shaw, 2007) (Moyo, 2009) (Sassi, 2018)

Anni 40': La carenza di disponibilità di cibo

La Seconda Guerra Mondiale ha influenzato profondamente in negativo la produzione di cibo a livello globale. Il 16 ottobre 1945 l'ONU decreta la nascita della Food and Agricultural Organization (FAO), con il compito di supportare la ricerca nei campi della nutrizione e dell'agricoltura, oltre che di sostenere le nazioni nell'incremento della produzione agricola. A livello produttivo alla fine degli anni Quaranta si assiste a un peggioramento netto in Asia, che passa da essere una macroregione con eccedenze di produzione a essere grande importatrice. L'Africa viene invece colta come il continente su cui investire, considerando le grandi opportunità produttive che mostra. La popolazione mondiale inizia a crescere e le azioni legate alla FS si concentrano su politiche per aumentare la produzione, per facilitare il trasferimento dei prodotti e per la stabilizzazione dei prezzi.

La FS, come concetto, è legata alla disponibilità di cibo, perché la tematica maggiore rimane fornire abbastanza produzione per coprire i bisogni della popolazione.

Anni 50': L'industrializzazione come chiave dello sviluppo

Le economie sviluppate sono impegnate nella ricostruzione dopo i danni della guerra e le strategie di crescita si focalizzano sull'industria a traino statale, con l'agricoltura intesa solamente come fonte di risorse (FAO, 1995). La domanda di beni esportati dagli USA cresce, causando una scarsità del dollaro e dunque una crisi del pagamento nei paesi meno sviluppati, costretti a severe limitazioni nell'importazione di cibo; pertanto, si dà il via ai primi piani di sviluppo per l'autosufficienza nazionale. Nei paesi sviluppati si registra un sensibile aumento nella produzione di cibo e diviene attuale il quesito su come utilizzare il surplus senza creare distorsioni nel mercato. USA e URSS colgono l'opportunità per far diventare le donazioni di cibo come il principale strumento della loro politica estera verso i paesi più poveri. Alla fine del decennio si registra il fallimento del "Grande Balzo in Avanti" cinese, che causa carestie e la morte di 20-30 milioni di persone.

Anni 60': Green Revolution e Teoria della Modernizzazione

Per far crescere la disponibilità di cibo si fanno grandi sforzi per sviluppare e diffondere le innovazioni per la produzione agricola come macchinari, fertilizzanti e varietà migliorate di sementi: quella oggi chiamata Rivoluzione Verde. L'idea, nota come Teoria della Modernizzazione, è che la

diffusione della tecnologia, insieme all'applicazione del capitalismo, avrebbe potuto aumentare la produttività, facendo calare i prezzi del cibo e migliorando quindi l'accesso alle risorse anche delle classi sociali più povere delle aree rurali. In un contesto del genere, i primi ad accettare le nuove innovazioni sono le aziende agricole di maggiori dimensioni, cui seguono poi i piccoli agricoltori per imitazione.

Si ritorna poi ad un approccio neoclassico nel mercato internazionale, favorendo l'esportazione delle colture da reddito, con le colture primarie destinate invece alla popolazione locale.

Tutti questi approcci si caratterizzano però per poca attenzione alla scala di produzione medio-piccola e quindi ai bisogni dei paesi più poveri e delle fasce più fragili dei paesi sviluppati.

Nel 1962 FAO e ONU istituiscono il World Food Programme (WFP), con lo scopo di utilizzare il surplus di cibo dei paesi sviluppati come aiuto in quelli in via di sviluppo, per contrastare fame e malnutrizione; causati dalla mancata innovazione.

Anni 70': Crisi energetiche e climatiche

Le due crisi petrolifere del 1973 e 1979, causate rispettivamente dalla Guerra del Kippur e dalla Rivoluzione Iraniana, portano all'aumento del prezzo dei cereali e all'aumento della volatilità nel mercato finanziario mondiale. La produzione di cibo in Africa è colpita anche dalla siccità del Sahel (1973) e dalla carestia etiope (1972-74) e per affrontare queste situazioni le politiche internazionali si focalizzano su distribuzione emergenziale di cibo e stabilizzazione dei prezzi. Nel frattempo, nel 1970, la World Food Conference ha istituito l'International Fund for Agricultural Development (IFAD), con lo scopo di finanziare i progetti di sviluppo agricolo nei paesi più poveri.

Nel concetto di FS inizia a farsi strada l'idea di accesso economico al cibo, grazie alle iniziative per ridurre la povertà rurale, tramite la promozione delle attività da reddito non agricole, volte anche a distribuire benessere, potere politico e uguaglianza: questo movimento è in gran parte fallimentare a causa delle inefficienze burocratiche dei governi dei PBR (Rondinelli, 1993).

Anni 80': Liberalizzazione dei mercati

Alle crisi del decennio precedente molte economie del primo mondo rispondono con strette politiche monetarie e fiscali, con conseguente aumento dei tassi d'interesse reali e riduzione degli scambi economici, soprattutto con i paesi meno sviluppati. Questi ultimi, trovando i propri equilibri di mercato compromessi, non sono più in grado di avere accesso al credito e rispondono con una svolta delle politiche economiche verso un maggior liberismo. Il Fondo Monetario Internazionale (IMF) e la Banca Mondiale (WB) propongono dunque i cosiddetti Programmi di Aggiustamento Strutturale (SAP), che permettono ai paesi in via di sviluppo di ottenere credito. I concetti principali dei SAP

sono “partecipazione” e “sostenibilità”: partecipazione, cambiando gli approcci di intervento da top-down a bottom-up (Rondinelli, 1993), sostenibilità, intesa come sociale, economica, ambientale e politica, oltre che tecnica, per quanto riguarda gli interventi volti a introdurre nuovi strumenti produttivi, e futuribile, cioè con la consapevolezza della necessità di formazione dei leader locali a garanzia del proseguimento virtuoso (Lemba, 2009). Questi programmi non riescono a creare però un ambiente dinamico per le attività rurali non agricole, che rimangono ancora una volta in secondo piano; dal punto di vista agricolo poi, nonostante le premesse, solo le grandi aziende ne beneficiano grazie alle loro connessioni con il mercato globale. Le piccole aziende pagano, infatti, la crescita del prezzo degli input (sementi e tecnologie più avanzate), oltre che l’abbassamento dei redditi causato dalla riduzione delle vendite, come conseguenza dell’ingresso sui mercati locali di nuovi soggetti internazionali.

Nel concetto di FS, Sen (1981) intuisce come la disponibilità di cibo non sia più sufficiente a risolvere il problema, a causa degli alti prezzi del cibo insieme ai salari bassi: dimostra quindi la non coincidenza tra situazione del Paese e situazione familiare/individuale. FAO (1983) introduce nella definizione di FS il concetto di accesso: “tutte le persone debbono avere accesso fisico ed economico al cibo di cui necessitano”.

Anni 90’: Globalizzazione, Nuova Modernizzazione e Global Summits sulla Food Security

È una decade caratterizzata da numerose crisi finanziarie in Asia ed America Latina, che vede anche il collasso dell’Unione Sovietica: l’obiettivo di eradicazione della povertà rimane quindi particolarmente urgente, insieme ad un concetto di sviluppo che sposta maggiormente la sua attenzione sulle persone e i loro bisogni. I Paesi in Via di Sviluppo sono quindi chiamati alla preparazione di Piani Strategici per la Riduzione della Povertà (RPSP), in cui sviluppo agricolo e rurale hanno un ruolo predominante.

Due concetti “nuovi” acquisiscono grande importanza: Globalizzazione e Nuova Modernizzazione, in cui la seconda è una diretta conseguenza della prima. La Globalizzazione si mostra caratterizzata da una natura ambivalente, in cui da una parte offre alle nazioni tecnologie e opportunità (la effettiva Nuova Modernizzazione) capaci di influenzare positivamente salari, riduzione della povertà e lo stato della FS (FAO, 2004), e dall’altra isola e marginalizza individui e comunità tramite i suoi meccanismi di funzionamento (Murphy, 2000). Questo perché porta ad un cambiamento molto rapido del contesto socioeconomico, in cui alcuni soggetti sono impauriti e confusi; dunque, incapaci di cogliere le opportunità prima anticipate (Lang, 2003). Nella Nuova Modernizzazione un aspetto di grande importanza è la “ricerca guidata dal mercato”, in cui il settore agricolo, in collaborazione con istituti di ricerca nazionali e internazionali, produce beni in base alle richieste del mercato (Lemba, 2009).

Questo modello di attività si sviluppa in quattro fasi:

- Fase 0 (Pre-intervento)
- Fase 1 (Stabilizzazione della base)
- Fase 2 (Avvio dei mercati)
- Fase 3 (Ritiro)

(Dorward, Kydd, Morrison, & Urey, 2004)

Allo stato originale, su cui si decide di applicare il modello è normalmente una situazione di agricoltura a bassa produttività, di sussistenza. I primi interventi (Fase 1) sono quindi focalizzati sulle necessità primarie, come le infrastrutture (strade e sistemi di irrigazione), l'accesso amministrativo ai terreni e la creazione di una connessione tra ricerca scientifica e agricoltori. La seconda (Fase 2) sposta l'attenzione sui bisogni del mercato, come contesto da attivare, e gli interventi sono volti a facilitare i suoi attori nell'intraprendere azioni e strategie economiche (es: accesso al credito, accordi di facilitazione...). I risultati attesi dopo le prime due fasi sono il passaggio ad un'agricoltura intensiva ad alta produttività, il surplus produttivo e la creazione di un mercato attivo sia su input che su output. L'ultima fase, la più delicata, è il ritiro post-intervento, per fare in modo che la domanda di beni e servizi sia guidata dal mercato e diventi indipendente. È importante che questo tipo di interventi avvenga in condizioni adeguate, per evitare che sia una semplice immissione di capitale, poco utile al reale cambiamento della situazione iniziale (Deaton, 2015) (Nzamujo, 2016).

La decade è infine caratterizzata da un alto numero di Global Summits, dove le ONG (Organizzazioni Non Governative) e le OSC (Organizzazioni della Società Civile) hanno un ruolo essenziale nel dibattito internazionale, portando avanti le istanze delle comunità per un più equo e democratico controllo ed uso delle terre e delle fonti d'acqua, sulla sostenibilità e sul mantenimento della biodiversità. In generale le comunità hanno visto aumentare, dopo questi eventi, la loro influenza nelle decisioni sulle tematiche relative al cibo e a tutto il complesso sistema di attività economiche ad esse collegate.

Per quanto riguarda la FS, Haddad et al. (1997) introducono il concetto di Household Food Security (HFS), spostando la FS da una dimensione individuale ad una collettiva, familiare. Questo è dovuto principalmente alla maggiore conoscenza delle dinamiche intrafamiliari, del loro impatto sulle decisioni relative alla distribuzione fisica ed economica delle risorse alimentari. Altre considerazioni sono poi state fatte grazie alla nuova consapevolezza sull'importanza dei macro e micronutrienti, che ha fatto spostare l'attenzione da un punto di vista meramente calorico ad uno più complesso e attento all'apporto dei singoli nutrienti (Gibson, 2016). Questo concetto, insieme alla consapevolezza dell'importanza che gli aspetti socio-culturali hanno nell'influenzare le preferenze alimentari, ha

portato all'aggiunta nella definizione di FS del seguente aspetto: "cibo sicuro e nutriente in grado di soddisfare i bisogni nutritivi e le preferenze alimentari per condurre una vita sana e attiva" (FAO, 1996).

Anni 00'-10': Crisi alimentari e Zero Hunger entro il 2030

Il nuovo millennio è caratterizzato da un innalzamento dei prezzi e della volatilità nelle derrate alimentari, che, insieme alla crisi economica e finanziaria del 2008 e alle numerose rivolte sociali, e alle loro interconnessioni crea grossi problemi nelle fasce più povere della popolazione mondiale.

Nel 2008 la riduzione nella produzione ed esportazione di cereali, insieme alle speculazioni del mercato finanziario, porta a numerose crisi alimentari nei paesi a basso reddito, specialmente in quelli prevalentemente importatori, che causano a catena crisi sociali. Molte famiglie sono risucchiate sotto la soglia di povertà, e dedicando già la maggior parte delle risorse nell'approvvigionamento di cibo, ciò che viene sacrificato sono le spese scolastiche, portando quindi ad un'erosione del capitale umano ed economico a livello nazionale. Considerando che la maggior parte delle persone povere vive in aree rurali diventa quindi strategico lo sviluppo di sistemi produttivi locali efficienti per la produzione di cibo: lo sviluppo agricolo e rurale è riconosciuto quindi come un fattore critico per ridurre la povertà e raggiungere la FS. A livello di politiche alimentari i paesi ne introducono tre tipologie differentemente orientate: al mercato, per ridurre i prezzi e aumentare l'approvvigionamento domestico; al consumatore, soprattutto per supportare i gruppi più vulnerabili; al produttore, per supportare il settore agricolo nell'incremento delle produzioni; si notano dunque strategie specifiche per coprire le falle che il momento di crisi aveva messo in evidenza.

A livello internazionale l'ONU propone nel 2001 la Millennium Declaration, volta all'eliminazione della fame e della povertà nel mondo, con la promozione dei concetti di dignità umana ed uguaglianza: la dichiarazione viene ripresa in toto nello sviluppo dei Sustainable Development Goals (SDGs) nel 2015, dove il Goal 2 è dedicato al raggiungimento dell'obiettivo Zero Hunger entro il 2030. Ad esso sono collegati il raggiungimento della FS globale, il miglioramento della nutrizione e la promozione di un modello agricolo sostenibile.

1.2 L'attuale situazione della Food Security

Nei seguenti paragrafi è presentato un glossario terminologico e degli indici utilizzati maggiormente per la valutazione della Food Security a livello internazionale, oltre che una panoramica generale sulla situazione della Food Security a livello mondiale, con focus specifico su aree e paesi direttamente interessati dal seguente elaborato di tesi.

1.2.1 Glossario terminologico per la valutazione della Food Security nelle popolazioni

- *Prevalence of Undernourishment (PoU) Index*: stima della proporzione di popolazione il cui consumo abituale di cibo è insufficiente a garantire l'apporto calorico necessario a mantenere una vita sana e attiva. Il PoU è elaborato partendo dai dati ufficiali degli stati sull'approvvigionamento di cibo, i consumi e gli apporti energetici, considerando anche le caratteristiche demografiche della popolazione.
- *Prevalence of Food Insecurity*: indicatore basato sulla Scala di Esperienza dell'Insicurezza Alimentare (FIES), un'intervista individuale in cui il soggetto risponde sì o no ad otto domande riguardanti la sua capacità o quella della sua famiglia di ottenere cibo adeguato ad avere una dieta sana. In base alle risposte si ottiene una misura quantitativa per cui la persona o il nucleo sono inseriti in una scala di severità: da questa misura è poi valutata la probabilità di essere in una delle tre classi definite a livello globale. Esse sono: Food Security (o insicurezza marginale), Food Insecurity moderata, Food Insecurity severa.
(FAO, IFAD, UNICEF, WFP, & WHO, 2023)
- *Descrizione delle fasi della Food Insecurity IPC/CH*: sistema utilizzato dal "Global Report on Food Crises per la classificazione delle situazioni alimentari a livello continentale, regionale e statale. Le fasi utilizzate sono 5: Phase 1 – Food Insecurity assente o minimale, Phase 2 – Food Security sottoposta a stress, Phase 3 – Stato di Crisi, Phase 4 – Stato di Emergenza, Phase 5 – Stato di Catastrofe (Phase 4 e Phase 5 anche definite Stato di Crisi acuta).
(FSIN & GNAFC, 2023)
- *Stunting*: definizione utilizzata solo nei bambini al di sotto dei cinque anni di età per definire una situazione di malnutrizione cronica, che pregiudica la crescita del bambino. La valutazione avviene considerando l'altezza o la lunghezza (cm) comparata all'età (mesi): se l'altezza è < - 2SD della mediana definita dai WHO Child Growth Standards, il bambino è considerato affetto da stunting.

- *Wasting*: definizione utilizzata, sia per bambini che per adulti, per definire uno stato di malnutrizione acuta. La valutazione avviene considerando il peso (kg) comparato con l'altezza o la lunghezza (cm): se il peso è < - 2SD della mediana definita dai WHO Child Growth Standards, il bambino o l'adulto è considerato affetto da wasting.

(UNICEF, WHO, & World Bank, 2023)

- *Minimum dietary energy requirement (MDER)*: I fabbisogni energetici per una determinata categoria di persone definita da sesso e fascia di età. Si determinano con la seguente formula:

$$MDER = FB \times IW \times k$$

Dove “FB” è il fabbisogno metabolico di energia per kg di massa corporea, “IW” è il peso ideale di una persona sana data l'età, il sesso e l'altezza, “k” è il coefficiente del livello di attività fisica svolta dal soggetto

- *Affordability of a healthy diet*: per valutare l'accessibilità di una dieta sana, il costo viene comparato con il reddito base specifico per ogni paese, calcolato dalla World Bank. Si può così calcolare la percentuale e il numero di persone per le quali una dieta sana non è accessibile.

(FAO, IFAD, UNICEF, WFP, & WHO, 2023)

- *Global Hunger Index (GHI)*: l'Indice Globale sulla Fame è uno strumento per misurare e tenere traccia in modo comprensivo della fame a livello globale, regionale e nazionale. Esso si basa sull'aggregazione di quattro indicatori con pesi differenti: PoU (1/3), Stunting (1/6), Wasting sotto i 5 anni (1/6), Mortalità infantile sotto i 5 anni (1/3). Il valore ricavato dalla somma degli indicatori viene quindi classificato secondo le seguenti fasce: Low ($\leq 9,9$), Moderate (10,0-19,9), Serious (20,0-34,9), Alarming (35,0-49,9), Extremely Alarming ($\geq 50,0$).

(von Grebmer, et al., 2023)

1.2.2 Livello globale

La fame globale, misurata attraverso la PoU (Indicatore 2.1.1 dei SDGs), affligge nel 2022 circa il 9,2% della popolazione mondiale, con un livello stabilmente sopra quelli pre-pandemici: nel 2019 il PoU indicava il 7,9 % della popolazione mondiale, con 122 milioni di persone in meno che soffrivano la fame. Rispetto al 2021 poi, alcuni progressi nella riduzione della fame si sono visti in Asia ed

America Latina, al contrario dei numeri crescenti che si sono invece registrati in Asia Occidentale, Caraibi e tutte le sotto regioni del continente africano.

Utilizzando l'indicatore 2.1.2 dei SDGs (Prevalence of Food Insecurity moderata o severa) risulta poi che il 29,6 % (2,4 miliardi) della popolazione mondiale attraversa uno stato di Food Insecurity nel 2022, con 900 milioni (11,3% della popolazione mondiale) in una situazione di Food Insecurity severa. Il confronto rispetto all'anno precedente mostra una crescita in Africa e sorprendentemente in Nord America, oltre che in Europa a causa della guerra in Ucraina, con invece discreti miglioramenti in America Latina e Caraibi. Allargando infine il focus all'incapacità di garantirsi una dieta sana i numeri della popolazione toccano, nel 2021, quota 3,1 miliardi, con un incremento di 134 milioni rispetto ai livelli pre-pandemia. (FAO, IFAD, UNICEF, WFP, & WHO, 2023)

Considerando i singoli paesi, FSIN e GNAFC (2023), nel loro annuale report sulle crisi alimentari, hanno indicato 58 nazioni/territori comprendendo il semplice stato di crisi e quello di crisi acuta (IPC/CH Phase 3 o superiore), registrando un +34% rispetto al report del 2021, con 5 nazioni/territori e 193 milioni di persone in più. Dei 58 paesi sopracitati 42 possono essere identificati come “maggiori crisi alimentari” perché hanno più di un milione di persone o il 20% della popolazione totale in IPC/CH Phase 3 o superiore. Tra tutta la popolazione in IPC/CH Phase 3 o superiore registrata nel 2022, poi, le cause sono state identificate come differenti: per 56,8 milioni la causa di crisi è stata identificata come prevalentemente climatica, per 83,9 milioni come economica e per 117 milioni la causa prevalente è stato un conflitto in essere.

Le aree e le categorie più fragili

In ogni area e regione del mondo la diffusione della Food Insecurity non è omogenea; infatti, le aree urbane sono le meno affette da Food Insecurity moderata e severa, con il 26% della popolazione registrata nel 2022. Più ci si allontana dalle aree urbane, più le percentuali crescono: con rispettivamente il 28,8% della popolazione affetta nelle aree peri-urbane e il 33,3% nelle aree rurali. Per quanto riguarda il confronto di genere, esiste una sproporzione tra uomini e donne affetti da Food Insecurity. Il gender gap era cresciuto in maniera ampia durante il periodo pandemico, raggiungendo il 3,8% nel 2021, per poi ridiscendere al 2,4% nel 2022: questa discesa non è però stata omogenea e infatti il continente africano ha registrato una crescita in essa anche nel 2022, seppur di tipo marginale, a differenza di Asia, America Latina e Caraibi.

Altra categoria caratterizzata da maggiore fragilità sono i bambini, in particolare quelli sotto i 5 anni di età, che nel 2022 contano un 22,3% (148,1 milioni) affetto da stunting in tutto il mondo, e un 6,8% (45 milioni) affetto da wasting. Questi due tipi di malnutrizione confermano la disomogeneità di

distribuzione vista sopra per la Food Insecurity, data la loro prevalenza nelle aree rurali; disomogeneità di senso opposto, per la stessa fascia di età, vi è invece per i numeri relativi al sovrappeso (37 milioni, 5,6% a livello mondiale), che mostrano prevalenza nelle aree urbane.

Inoltre, per quanto riguarda i target fissati per il 2030 riguardo riduzione di fame, malnutrizione e Food Insecurity infantili, progressi stabili sono stati fatti nella sensibilizzazione all'allattamento al seno esclusivo nei primi sei mesi di vita e nella riduzione dello stunting; la situazione è invece rimasta immutata per il wasting, i quali numeri sono ancora più del doppio di quelli fissati come obiettivo per il 2030 (FAO, IFAD, UNICEF, WFP, & WHO, 2023).

1.2.3 Asia ed Africa

L'Africa è il continente maggiormente in sofferenza per il problema della fame, con oltre il 20% della sua popolazione che ne soffre, seguito dal continente asiatico con l'8,5%. Entrambe hanno visto una crescita importante del problema dopo lo scoppio della pandemia, con incrementi rispettivamente di 68 e 58 milioni di persone (FAO, IFAD, UNICEF, WFP, & WHO, 2023). La situazione tra i due continenti, come evidenziano le percentuali a inizio paragrafo è però ben diversa; il report di FSIN e GNAFC (2023) individua infatti solamente 5 paesi in cui la popolazione fa esperienza di stati di crisi acuta in Asia, mentre sono 36 in Africa: 13 in Africa del sud e centrale, 8 nell'est e 15 nell'ovest e SAHEL.

Le tre nazioni su cui questo elaborato è basato (Burundi, Repubblica Democratica del Congo e India) hanno a loro volta situazioni particolari e differenti tra loro: di seguito un approfondimento sulla situazione della Food Security e socio-economica di ognuna delle tre.

Burundi

Il Burundi è un paese dell'Africa orientale confinante a nord con il Rwanda, a ovest con la Repubblica Democratica del Congo e a sud ed est con la Tanzania. La ridotta superficie (27830 km²), unita ad altri fattori come la densità di popolazione (connessa all'alto tasso di crescita in continua evoluzione: 2/3 della popolazione sotto i 25 anni e un tasso di nascite di 6 bambini per donna fertile), le crisi politiche interne e dei paesi adiacenti, quelle climatiche e quelle economiche, a cui si aggiunge che il 90% della popolazione impiegata nell'agricoltura pratica solamente quella di sussistenza, pongono il paese tra quelli maggiormente in crisi dal punto di vista alimentare, con 1,40 milioni di persone in crisi acuta nei primi mesi del 2023 (World Fact Book, 2023) (FSIN & GNAFC, 2023). Focalizzandosi poi sulle categorie più fragili, i bambini e le donne (incinte o in allattamento), i problemi da wasting nel 2023 hanno riguardato rispettivamente 283000 e 45000 soggetti (FSIN & GNAFC, 2023), mentre

nel 2021 il 96% dei bambini tra i 6 e i 23 mesi non ha ricevuto una dieta minima accettabile (MDER) (SMART, 2022).

A livello politico i tumulti e le violenze dopo le elezioni del 2015 hanno portato 400000 persone a emigrare tra il 2015 e il 2017. I miglioramenti nelle condizioni di sicurezza e socioeconomiche dopo il 2017 hanno portato circa la metà dei rifugiati a ritornare in patria, cui si sono aggiunti 87500 rifugiati e richiedenti asilo provenienti principalmente dalla Repubblica Democratica del Congo nel biennio 2021-22. Questi ultimi sono ospitati in condizioni di elevata insicurezza alimentare, in campi profughi tra la capitale Bujumbura e altre 5 aree nell'est del paese (World Food Program, 2022). La situazione dei rimpatriati non è però migliore, con il 69% che dichiara di consumare un solo pasto al giorno e con il 59% dei rientrati nel 2022 che ha speso il proprio indennizzo di rimpatrio per comprare terra, ma spesso impossibile da coltivare per mancanza di semi e strumenti agricoli (UNHCR, 2022). A livello climatico i ricorrenti eventi estremi (siccità e alluvioni) tra il 2018 e il 2022, oltre a rovinare i raccolti, hanno costretto alla evacuazione 121900 persone, principalmente nelle province di Bujumbura Rurale, Bujumbura Mairie e Ngozi (IOM, 2023). La crisi economica è invece più connessa al mercato e alla geopolitica internazionale: i due anni di pandemia, la guerra in Ucraina e l'aumento mondiale del prezzo del carburante a Marzo 2022, hanno portato a conseguenze pesanti come la riduzione dei commerci transfrontalieri, il maggiore costo dei trasporti e l'aumento dei prezzi nelle derrate alimentari (+37% per il mais, +52% per i fagioli) (FEWS NET, 2022) (IPC, 2022).

Repubblica Democratica del Congo

La Repubblica Democratica del Congo, con una superficie di 2345415 km², è lo stato più grande dell'Africa centrale. Nonostante l'abbondanza di terreno agricolo fertile, la ricchezza di risorse minerali e un potenziale idroelettrico importante è però un paese con una situazione sociosanitaria particolarmente grave, (World Fact Book, 2023) con 26,43 milioni di persone in una situazione di crisi alimentare acuta nei primi mesi del 2023 (FSIN & GNAFC, 2023), oltre a solo 0,28 dottori e 1,19 infermiere e ostetriche ogni 10000 persone. Quest'ultimo dato è particolarmente preoccupante considerando lo scoppio, nel Luglio 2022, della quattordicesima epidemia di ebola degli ultimi 46 anni, mentre le famiglie non hanno accesso rispettivamente ad acqua potabile (40%) e servizi sanitari adeguati (60%). Focalizzandosi poi sulle categorie più fragili, i bambini e le donne (incinte o in allattamento) affetti da wasting, nel 2023 sono stati rispettivamente 2,78 milioni e 2,20 milioni (FSIN & GNAFC, 2023).

Le cause di questa situazione sono molteplici: innanzitutto il conflitto, che a fine 2022 vede attivi più di 100 gruppi armati, prevalentemente nelle province di Ituri, Kasai, Nord-Kivu, Sud-Kivu e Tanganyika (IPC, 2022), che è la causa di oltre 5,7 milioni di profughi. La guerra interna in atto per

il controllo delle risorse minerarie è considerata uno dei più duraturi conflitti armati al mondo ed è la principale causa per cui il paese è quello con la più larga fetta di popolazione soggetta a sfollamento interno in Africa (UNHCR, 2022). Ad essi si aggiungono poi i 520000 rifugiati e richiedenti asilo dai conflitti nei paesi circostanti (prevalentemente Repubblica Centrafricana e Rwanda), dei quali solo il 33% ha una dieta accettabile (World Food Program; UNHCR, 2022).

Altra causa della crisi alimentare è la crisi economica globale, che ha portato i prezzi degli alimenti base, a fine 2022, a essere superiori del 56% rispetto alle medie dei cinque anni precedenti. Un ulteriore fattore sono gli eventi climatici estremi, in particolare le alluvioni che ad ottobre 2022 hanno colpito buona parte del paese, danneggiando le coltivazioni ed esacerbando una condizione di Food Insecurity già grave (FEWS NET, 2022). La conclusione del quadro sono le colture rovinate dai parassiti, in particolare il Mosaico-virus sulla cassava e la falena del mais (*Spodoptera frugiperda*), oltre alle perdite di bestiame causati da malattie epizootiche, che nel 2022 hanno colpito quasi la metà delle famiglie proprietarie (IPC, 2022).

India

L'India, con una superficie di 3287263 km², è il settimo stato al mondo per superficie, mentre con 1 miliardo e 400 milioni di abitanti è, dal 2023, lo stato più popoloso del mondo. È inoltre la terza più grande economia del mondo in termini di potere d'acquisto, dopo aver visto una crescita imponente negli ultimi due decenni, che la pone tra i membri fondanti dei Paesi BRICS (World Fact Book, 2023). Nonostante questo, è però classificato con un GHI di 28,7, che lo pone nella fascia "Serious" (von Grebmer, et al., 2023), con 233,9 milioni di persone malnutrite, il 30% di tutta la popolazione malnutrita a livello globale. Focalizzandosi poi sulle categorie più fragili, nel periodo 2020-22, i bambini affetti da stunting o wasting sono stati 58 milioni, mentre nel 2019 le donne tra i 15 e i 49 anni affette da anemia erano 187,3 milioni (FAO, IFAD, UNICEF, WFP, & WHO, 2023).

Le cause di questa situazione, a tratti paradossale, sono innanzitutto produttive: a causa dell'incremento continuo della popolazione l'India non può più basarsi soltanto sulla produzione domestica di cibo (a causa della bassa efficienza). Poi, anche se il sistema produttivo avesse un'efficienza altissima, dimezzando inoltre del 50% le perdite e gli sprechi, le derrate non sarebbero comunque sufficienti a garantire la Food Security a tutta la popolazione indiana (Ritchie, Reay, & Higgins, 2023). Ponendo il focus sulle Regioni del Nord Est (NER) (dove uno studio facente parte di questo elaborato è stato svolto), le previsioni di popolazione dicono che per il 2050 il fabbisogno di cereali arriverà a 13,28 milioni di tonnellate, per cui la produzione andrebbe quasi raddoppiata, con la stessa disponibilità di terra, rispetto ai dati del primo decennio del secolo (ICAR, 2013). È evidente che quest'area ha rese produttive bassissime, dovute a tecniche produttive tradizionali, utilizzo di

varietà locali a bassa resa, mancanza di strumenti adeguati e della possibilità di informarsi e formarsi per gli agricoltori (Das, et al., 2010)(Das, et al., 2014)(Kumar, Sharma, & Kumar Ambrammal, 2015), ma la situazione è grave anche in tutto il paese. Lo dimostrano i dati nazionali sulle perdite, che solo al momento dello stoccaggio mostrano una percentuale tra il 10-40% a causa di parassiti (animali e vegetali) (Shukla & Patil, 2015), oltre che la sempre minor superficie che sarà a disposizione, essendoci sempre più richiesta per altri settori (Das, et al., 2014).

Completano il quadro critico della realtà alimentare indiana le conseguenze che la scarsa disponibilità e produzione, unite alla domanda sempre crescente, creano sui prezzi degli alimenti (Evans, 2008); oltre che l'estrema disuguaglianza tra le differenti regioni del paese negli apporti alla dieta della popolazione: variabilità inevitabile che rende però molto più difficile affrontare il problema in modo unitario a livello dell'intera confederazione (Ritchie, Reay, & Higgins, 2023).

Un fattore esterno, infine, che sicuramente non aiuta al raggiungimento della Food Security, è la situazione di scarsa sicurezza che si respira in diverse aree di confine del paese: Kashmir, Assam e attualmente Manipur, dove violenze etniche e religiose hanno causato circa 60.000 sfollati ad Agosto 2023 (Geopolitica.info, 2023).

Nelle tabelle seguenti sono confrontati tra loro i tre paesi oggetto dell'elaborato di tesi a riguardo rispettivamente di percentuali di malnutrizione infantile e femminile (Fig. 1.1) e di popolazione incapace di permettersi una dieta sana (Fig. 1.2).

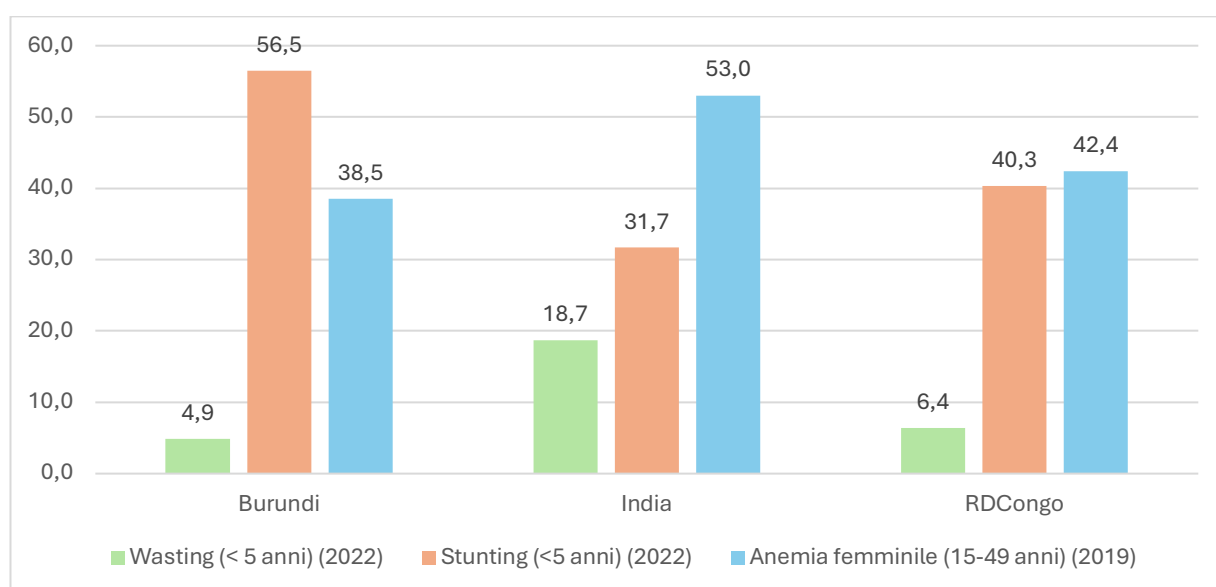


Figura 1.1: Malnutrizione infantile e femminile (%) in Burundi, India e DR Congo (modificato da FAO et al., 2023)

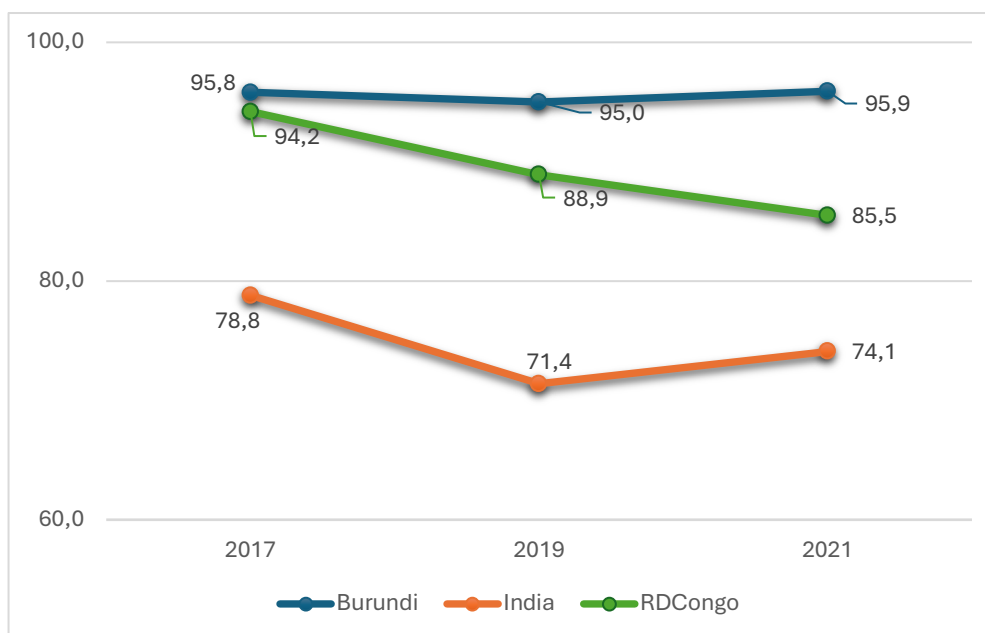


Figura 1.2: persone incapaci di permettersi una dieta sana (%) in Burundi, India e DR Congo negli ultimi anni (modificato da FAO et al., 2023)

1.3 Aiuti per lo sviluppo e la lotta alla malnutrizione nei PBR

I paragrafi seguenti partono da una dissertazione sulle problematiche che spesso hanno incontrano e hanno incontrato gli interventi di aiuto allo sviluppo nei PBR da parte dei Paesi più Ricchi. Da essa si parte per descrivere lo sviluppo concettuale, l'organizzazione e l'operatività del Progetto C3S, oggetto del seguente elaborato di tesi.

1.3.1 Le cause del fallimento degli interventi di sviluppo nei Paesi a Basso Reddito (PBR)

Le situazioni descritte nel paragrafo precedente riguardo alla mancanza di Food Security e povertà hanno avuto innumerevoli motivazioni concomitanti; fra queste, possiamo comprendere anche il fallimento degli interventi di sviluppo che si sono susseguiti dopo la fine della Seconda Guerra Mondiale. A partire dunque dai processi di decolonizzazione, per cui gli interventi dei Paesi più Sviluppati in quelli più poveri hanno smesso di essere di mero sfruttamento delle loro risorse umane e materiali. Lo Sviluppo Integrato dei PBR, promosso soprattutto dopo la nascita della FAO, è infatti stato cercato con un interventismo nato da presupposti sbagliati. È quanto sostenuto da Njamuho (2002), che sui problemi del continente africano si è espresso con i seguenti concetti:

- Lo sviluppo è un meccanismo complesso, che non può dipendere totalmente da capitali esogeni o da aiuti;

- L'immissione di capitali, la promozione di progetti insostenibili, l'assistenza tecnica esterna e il sostegno esterno hanno creato una mentalità di assistenzialismo ritenuto essere dovuto;
- È falso dire che non si può fare nulla senza capitali, perché è anzitutto l'azione in atto ad attirare i finanziamenti e non viceversa.

In maniera simile, Deaton (2015) ha espresso dubbi sugli aiuti ai PBR, sostenendo che:

- L'illusione dell'aiuto, anziché essere una ricetta per estirpare la povertà, è in realtà un ostacolo al miglioramento della vita dei poveri;
- Gli aiuti, infatti, portano strade, dighe, ambulatori, ecc., ma questo compromette le istituzioni, contaminando la politica e, soprattutto, mina la democrazia, ovvero la base dello sviluppo autonomo di un Paese.

Tutti queste idee sono poi state puntualizzate anche da Marangoni (2020) che sugli interventi finalizzati allo sviluppo nei PBR si è espresso in questo modo:

- Lo sviluppo dipende dall'accettazione e dalla partecipazione all'innovazione tecnologica, con l'implicazione che non sia imposto e sia tale da migliorare il sistema di vita senza stravolgimenti insostenibili;
- Molti progetti di sviluppo socioeconomico promossi da organizzazioni umanitarie sono gestiti in modo assistenziale, con interventi modesti e senza alcun coordinamento e/o collaborazione con le autorità locali;
- L'eccesso di carità e donazioni disincentiva l'autonoma crescita socioeconomica delle comunità rurali, generando la continua attesa di nuovi aiuti esterni;
- Le piccole comunità rurali hanno difficoltà nel gestire l'innovazione tecnica e ciò porta spesso al fallimento della sua adozione.

1.3.2 Lo sviluppo concettuale del Progetto “Produzione di Cibo Appropriato: Sufficiente, Sicuro e Sostenibile” (C3S)

Partendo dai limiti che possono essere incontrati nei progetti di sviluppo nei PBR, presentati nel paragrafo precedente, si possono comprendere alcuni principi cardine per il conseguimento dello Sviluppo Integrale, che sono poi stati fondanti nello sviluppo del progetto C3S. Innanzitutto, non è sufficiente investire denaro per strutture, infrastrutture e tecnologie, sperando in una conseguente ed automatica promozione dello sviluppo: ogni intervento deve tenere conto della situazione locale, affinché la popolazione se ne possa avvalere direttamente e in tempi ragionevoli. È necessario, infatti, che l'innovazione arrivi “alla porta della capanna/superando l'ultimo miglio”, acquisendo una dimensione diffusa verso le numerose piccole famiglie contadine, tramite un'azione capillare di

promozione. Questa, a causa del dispendio richiesto in termini di tempo e persone, non è sempre opportunamente considerata fin dall'inizio nei progetti agricoli (Bertoni, et al., 2024), ma è uno strumento fondamentale per superare le 3 "I" endemiche nei PBR: ignoranza, ideologia e ignavia (Banerjee & Duflo, 2020), ostacoli ai quali possono essere aggiunte superstizione e frustrazione. Altro principio cardine è la continuità nel tempo, ovvero l'accompagnamento dei contadini per un congruo numero di anni, con un affiancamento che non sia estemporaneo ma che non sfoci nell'assistenzialismo, come sottolineato anche da Crovetto (2019): "Inutile nascondere che la vera sfida dello sviluppo è la sostenibilità nel tempo delle varie azioni e attività intraprese". Un terzo principio cardine è sicuramente il legame, grazie a precisi accordi con le autorità governative centrali e locali, per riuscire a programmare e organizzare gli interventi in modo che non sia estemporaneo ma funzionale a processi di sviluppo più ampio (Marangoni, 2020); interventi peraltro supportati anche da enti pubblici di ricerca e università locali o internazionali (Bertoni, et al., 2024).

Partendo da questi principi è stato attivato, a partire dal 2011, il progetto C3S – Produzione di cibo appropriato: sufficiente, sicuro e sostenibile – della Facoltà di Scienze Agrarie, Alimentari e Ambientali dell'Università Cattolica del Sacro Cuore (sede di Piacenza – Cremona), finanziato dalla Fondazione Invernizzi (Bertoni, 2015). In particolare, il modello operativo concettuale per lo sviluppo integrale nei PBR si è basato su tre parole chiave: vedere, giudicare, agire. Vedere: per conoscere la realtà locale. Giudicare: per approfondire i vari aspetti tecnico-scientifici e sociali. Agire: dopo aver individuato i più opportuni interventi operativi per il miglioramento della specifica situazione.

I progetti, attivati nei diversi paesi, sono quindi stati impostati per essere a lungo termine, fondati su Centri Pilota volti non a realizzazioni dirette a favore dei contadini, ma piuttosto a creare i presupposti per il formarsi in loco di piccoli centri di natura tecnica, in grado di operare con gli stessi contadini per facilitarne l'uscita dalla loro condizione di sussistenza. L'organizzazione dei Centri Pilota è stata dunque prevista su due livelli: diocesano e parrocchiale (se inseriti in ambito della Chiesa cattolica). Il primo è costituito da un gruppo di persone locali con specifiche competenze tecniche che, oltre ad avere a disposizione un minimo di strutture e di potenzialità economiche, è anche supportato da idonee entità tecnico-scientifiche locali o internazionali e da soggetti finanziatori esterni. Il secondo livello è composto da un numero maggiore di centri direttamente a contatto con la popolazione, in modo da poter attivare in essa il cambiamento - in primo luogo di mentalità - necessario allo sviluppo rurale. Questo sistema organizzativo dovrebbe connettersi poi, se esistente, ad un comitato di coordinamento nazionale con funzione di orientamento; in assenza di esso, come spesso avviene a causa dei limiti organizzativi di molti PBR, è quantomeno auspicabile una forma di coordinamento fra le principali ONG attive localmente.

Un'organizzazione così strutturata, seppur possa sembrare di discreta complessità, risulta molto importante per svolgere anche funzioni di supplenza ad una serie di compiti non comuni e non strettamente connessi allo sviluppo agricolo, funzione dovuta alle carenze educative, infrastrutturali e socio-amministrative non rare nei paesi di azione (Bertoni, et al., 2024).

1.3.3 Le modalità operative dei Centri Pilota

(Bertoni, et al., 2024).

- **Centro Pilota parrocchiale**

Un vero e proprio “micropolo di sviluppo” locale, in cui persone conosciute e apprezzate aiutano “prendendo i piccoli contadini per mano”, come si fa per aiutare chi non è autosufficiente, agendo da “veri e propri animatori” su vari piani. Questi animatori, essendo richiesti in numero non trascurabile, non possono però essere tecnici con regolare remunerazione, ma piuttosto contadini con innate doti di leadership, che lavorano allo stesso modo dei catechisti in collaborazione con il parroco nel seguire la pastorale. La formazione di questi “catechisti rurali”, per permettere loro di interfacciarsi tra popolazione contadina e tecnici del Centro diocesano, è compito primario di quest'ultimo Centro.

- **Centro Pilota diocesano**

È un centro dotato di un piccolo staff tecnico, che può quindi compiere le scelte tecniche da trasmettere alle parrocchie ad esso aggregate. Altro compito di questo Centro è creare le condizioni organizzative per reperire i mezzi tecnici necessari all'auspicata innovazione a livello produttivo, oltre che per facilitare la conservazione e vendita dei prodotti raccolti (riducendo così le perdite). Lo staff tecnico deve poi occuparsi di favorire il miglioramento delle condizioni igienico-sanitarie-nutrizionali dell'area di azione. Infine, da non trascurare è pure il compito del mantenimento dei contatti, non solo con l'Ente tecnico-scientifico ma anche con organizzazioni di tipo ecclesiale o laico coinvolte in progetti di sviluppo rurale sul territorio, e soprattutto con le amministrazioni governative locali. In questo modo da un lato c'è la possibilità di collaborazione mantenendo una certa omogeneità di intervento sul territorio; dall'altro è possibile conformarsi alle politiche agricole nazionali e avvalersi dei pochi servizi amministrativi presenti (assistenza tecnica, servizi veterinari, centri medici per la nutrizione ecc.)

Fra le dotazioni necessarie per il Centro, saranno necessarie alcune strutture: edifici e campi utili alle differenti attività, insieme a mezzi di trasporto per l'approvvigionamento dei Centri parrocchiali – quindi le famiglie – con i predetti mezzi di produzione, con lo scopo di supportare la produttività agricola e una più redditizia vendita dei prodotti.

- Ente tecnico-scientifico

Esso si occupa degli ambiti fuori dalla portata di preparazione tecnica e scientifica raggiungibile dallo staff diocesano nella realtà rurale. Questo ruolo può essere coperto da università e/o centri ricerca, locali e internazionali, e sarebbe auspicabile un suo collegamento con un Comitato di Coordinamento Nazionale, se esistente.

Se in una prima fase è sicuramente necessario che i Centri, in particolare diocesani, si avvalgano di una qualche forma di finanziamento e di supporto partenariale, la prospettiva prevedibile nel minor tempo possibile è che diventino unità autonome e sostenibili, soprattutto economicamente; questo implica che i servizi resi dovranno essere in qualche modo remunerati (ad esempio con un margine su acquisti e vendite).

Principali mansioni dei Centri Pilota

- Attività conoscitive – raccolta di informazioni sullo stato nutrizionale e le condizioni igienico-sanitarie della popolazione, sulle tecniche produttive in uso per piante e animali, sulle tecniche di conservazione, sulle opportunità di mercato per l'acquisizione dei mezzi di produzione e per la vendita di prodotti. Il ruolo dei Centri parrocchiali è meramente esecutivo, mentre quello diocesano fa da guida, oltre che da interfaccia con l'Ente tecnico-scientifico di riferimento, per definire priorità e modalità operative.
- Attività sperimentali (sulle scelte tecniche ipotizzate) – riguardanti la produzione vegetale (compresi fruttiferi e forestali) ed animale, la trasformazione e conservazione dei prodotti, le fonti energetiche (fra cui l'uso razionale della legna). Tutte queste attività hanno l'obiettivo finale di aumentare quantità e qualità della dieta, con particolare attenzione ai bambini nella fascia 2-7 anni, e implicano la disponibilità di campi, edifici, attrezzature e personale competente. Saranno dunque prevalentemente compito del Centro diocesano.
- Attività di disseminazione (delle nuove tecniche) – tramite dimostrazioni in campo e corsi di formazione, insieme al supporto di schede tecniche e poster preparati dai tecnici del Centro

diocesano o dell'Ente tecnico-scientifico. Esse, prevedendo anche, per i contadini, attività pratiche da condurre nei propri campi con il supporto dei "catechisti rurali", si svolgono a livello dei Centri parrocchiali, con i tecnici di quello diocesano nel ruolo di suggeritori-supervisor.

- Attività di aggregazione delle piccole aziende familiari in forme solidali come associazioni e Self-Help Groups (SHG) – Esse sono un primo passo verso forme più complesse di cooperazione e si giustificano con l'esigenza di ridurre la dispersione dei processi formativi, aumentandone invece l'efficacia grazie alla possibilità di realizzare – in gruppo – forme di mutuo aiuto. Quest'ultime possono essere meramente finanziarie, di condivisione lavorativa e di competenze, ma anche di gestione dei mezzi tecnici, spazi e risorse (lavoro animale, sementi e animali migliorati, farmaci per piante e animali, mulino, frantoio, macchinari vari, magazzini di stoccaggio e trasformazione) o di vendita, per ottenere migliori condizioni e prezzi.
- Attività per un razionale approvvigionamento e uso dell'acqua – Per uso domestico, con priorità all'opera di potabilizzazione e per finalità produttive, con priorità a metodi di raccolta e tecniche d'uso parsimonioso.
- Attività di formazione per tecnici e catechisti rurali – Per i primi in connessione con l'Ente tecnico-scientifico, locale o straniero, di riferimento (possibilmente in stretto rapporto con Entità governative). Per i secondi ad opera dei tecnici del Centro diocesano.

1.3.4 Organizzazione tipica dei Centri Pilota

(Bertoni, et al., 2024)

Dopo aver visto le modalità operative tipiche dei Centri Pilota (in ambito della Chiesa cattolica) è dunque possibile definire l'organizzazione ideale dei tre livelli, che negli anni di attività del Progetto C3S si è cercato, nel limite del possibile, di attuare e verso cui si è cercato di tendere (Fig. 1.3).

Centro parrocchiale (2° Livello)

- Parroco – con formazione specifica al ruolo, già dal seminario se possibile
- Catechisti rurali – contadini dotati di *leadership* formati e aggiornati dal Centro diocesano

Centro diocesano (1° Livello)

- Coordinatore – prete motivato e con preparazione specifica
- Gruppo di tecnici, formato da persone possibilmente locali, il cui insieme copre almeno le seguenti competenze:
 - Educazione nutrizionale (svezzamento, bambini, adulti) e igienico-sanitaria;
 - Coltivazione delle piante erbacee e arboree;
 - Allevamento di animali (monogastrici e ruminanti);
 - Trasformazione e conservazione dei prodotti (cereali, legumi, frutta, verdura, prodotti animali, ecc.);
 - Meccanizzazione (anche con uso di animali) per lavorazioni agricole, trasporti, trasformazione dei prodotti e produzione di energia;
 - Organizzazione (associazioni e SHG, formazione e assistenza tecnica per i contadini).
- Personale amministrativo, in funzione di esigenze e complessità della struttura

Ente tecnico-scientifico

Docenti e ricercatori con competenze negli ambiti di nutrizione, igiene, produzioni animali, produzioni vegetali, processi tecnologici e per la sicurezza igienico-sanitaria degli alimenti, impatto ambientale, aspetti socio-economici

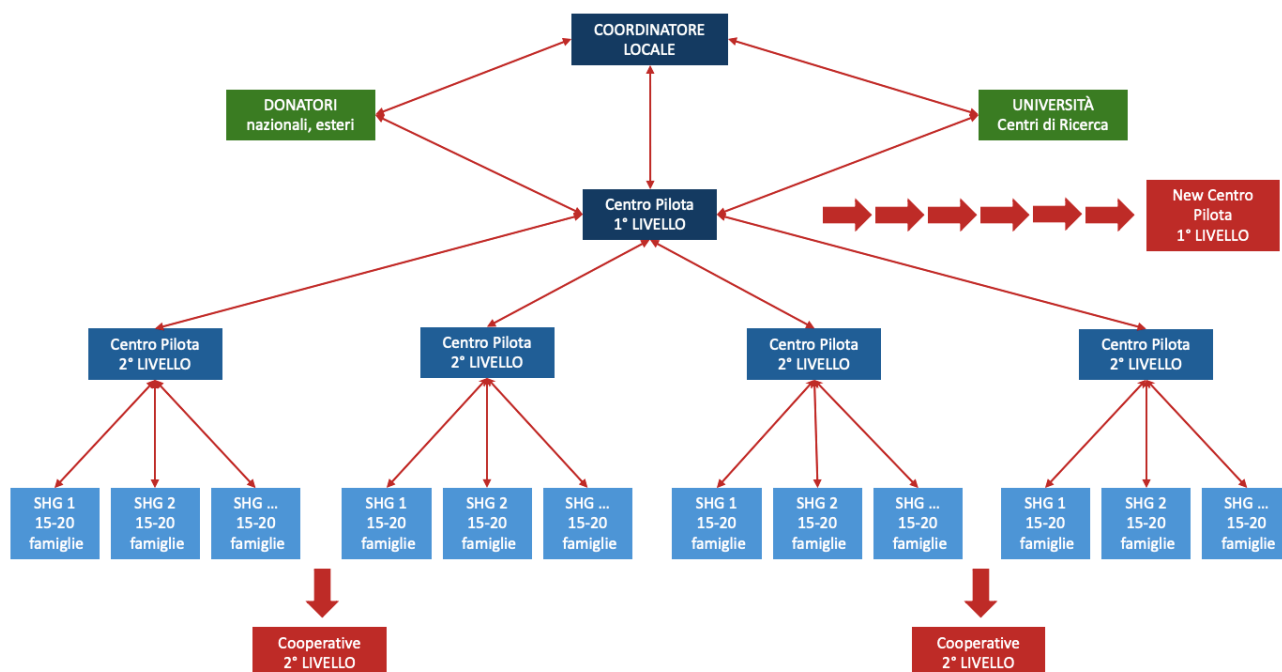


Figura 1.3: Struttura operativa e dinamica temporale delle attività previste in un intervento di sviluppo rurale integrale secondo il modello C3S

1.4 Bibliografia

- Banerjee, A. V., & Duflo, E. (2020). Good Economics for Hard Times: Better Answers to Our Biggest Problems. Penguin Book Ltd.
- Bertoni, G. (A cura di). (2015). Produzione e uso del cibo. Milano: EGEA.
- Bertoni, G., Tabaglio, V., Minuti, A., Fiorini, A., Rizzati, N., Capra, F., Reggi, D., Ndereyimana, A., & Ainomugisha, J. (2024). Il modello C3S per attivare lo sviluppo integrale nelle zone rurali dei Paesi a Basso Reddito. In Progetto VICSUS, in definizione. Milano: Vita e Pensiero.
- Cafiero, C., Melgar-Quinonez, H.R., Ballard, T.J., & Kepple, A.W. (2014). Validity and reliability of food security measures. *Annals of the New York Academy of Sciences*, vol. 1331(1), pp. 230-248. <https://doi.org/10.1111/nyas.12594>
- Crovetto, M. (2019). Mangimi e sviluppo per la zootecnia africana. *I tempi della terra*, vol. 1, pp. 36-42.
- Das, A., Patel, D., Munda, G., Ramkrushna, G., Kumar, M., & Ngachan, S. (2014). Improving productivity, water and energy use efficiency in lowland rice (*Oryza Sativa*) through appropriate establishment methods and nutrient management practices in the mid-altitude of North-East India. *Experimental Agriculture*, vol. 50(3), pp. 353-375. <https://doi.org/10.1017/S0014479713000483>
- Das, A., Tomar, J., Thangavel, R., Munda, G., Ghosh, P., & Patel, D. (2010). Productivity and economics of lowland rice as influenced by incorporation of N-fixing tree biomass in mid-altitude subtropical Meghalaya, North East India. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, vol. 87(1), pp. 9-19. <http://dx.doi.org/10.1007/s10705-009-9308-1>
- Deaton, A. (2015). La grande fuga. Salute, ricchezza e origini della disuguaglianza. Bologna: Il Mulino.

- Dorward, A., Kydd, J., Morrison, J., & Urey, I. (2004). A policy agenda for pro-poor agricultural growth. *World Development*, vol. 32(1), pp. 73-89. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2003.06.012>
- Ellis, F., & Biggs, S. (2001). Evolving Themes in Rural Development 1950s-2000s. *Development Policy Review* , vol 19(4), pp. 437-448. <https://doi.org/10.1111/1467-7679.00143>
- Evans, A. (2008). *Rising Food Prices Drivers and Implications for Development*. Washington: IFPRI.
- FAO. (1983). *The State of Food and Agriculture 1983. World Review: The Situation in Sub-Saharan Africa; Women in Developing Agriculture*. Roma: FAO.
- FAO. (1995). *World Agriculture: Towards 2010: An FAO Study*. Roma: Nikos Alexandratos. *Population and Development Review*. Roma: FAO.
- FAO. (1996). *Rome declaration on world food security and world food summit plan of action*. Roma: FAO.
- FAO. (2002). *The State of food insecurity in the world, 2002 : food insecurity : when people live with hunger and fear starvation*. Roma: FAO.
- FAO. (2003). *An Inter-Agency Initiative to promote Information and Mapping Systems on Food Insecurity and vulnerability. Proceedings on Measurement and Assessment of Food deprivation and undernutrition*. Roma: FAO.
- FAO. (2004). *Globalization of Food Systems in Developing Countries: Impact on Food Security and Nutrition*. FAO Food and Nutrition Paper. Food Control, vol. 19(83). Roma: FAO.
- FAO, IFAD, UNICEF, WFP, & WHO. (2023). *The State of Food Security and Nutrition in the World 2023. Urbanization, agrifood systems transformation and healthy diets across the rural–urban continuum*. Roma: FAO.

- FAO, WFP, & IFAD. (2012). The state of food insecurity in the world 2012. Roma: FAO.
- FEWS NET. (2022). Burundi Key Message Update: Eastern and northern Burundi face Stressed (IPC Phase 2) Outcomes and a late Season A Harvest. <https://fews.net/east-africa/burundi/key-message-update/november-2022>
- FEWS NET. (2022). Southern Africa. Democratic Republic of the Congo. Early start of the lean season in August is causing an expansion of Crisis (IPC Phase 3) outcomes in eastern DRC. <https://fews.net/southern-africa/democratic-republic-congo/food-security-outlook-update/august-2022>
- FSIN, & GNAFC. (2023). Global Report on Food Crises. Rome: Food Security Information Network.
- Geopolitica.info. (2023, agosto 18). Le conseguenze geopolitiche delle violenze in Manipur. <https://www.geopolitica.info/conseguenze-geopolitiche-violenze-manipur/>
- Gibson, M. (2016). The feeding of nations: redefining food security for the 21st century. Boca Raton: CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b11576>
- Haddad, L., Hoddinott, J., & Alderman, H. (1997). Intrahousehold resource allocation in developing countries: models, methods and policy. Baltimore: The International Food Policy Research Institute.
- ICAR. (2013). Vision 2050. http://icarnehadmin.org/Downloads/Publications/Vision/Vision_2050_ICARNEH.pdf
- IOM. (2023). IOM Burundi Emergency Tracking Overview – Natural Disasters: January 2018–December 2022. <https://reliefweb.int/report/burundi/iom-burundi-emergency-tracking-overview-natural-disasters-january-2018-december-2022>

- IPC. (2022). Burundi: Acute Malnutrition Situation March– May 2022 and Projections for June 2022–February 2023. <https://www.ipcinfo.org/ipc-country-analysis/details-map/en/c/1155868/?iso3=BDI>
- IPC. (2022, October). Democratic Republic of the Congo: Acute Malnutrition Situation July–December 2022 and Projection for January–June 2023. <https://www.ipcinfo.org/ipc-country-analysis/details-map/fr/c/1155974/?iso3=COD>
- Kumar, A., Sharma, P., & Kumar Ambrammal, S. (2015). Effects of Climatic Factors on Productivity of Cash Crops in India : Evidence from State-wise Panel Data 2 . Material and Methods. Global Journal of Research in Social Sciences, vol. 1(1), pp. 9-18.
- Lang, T. (2003). Food industrialisation and food power: implications for food governance. Development Policy Review, vol. 21 (5-6), pp. 555-568. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8659.2003.00223.x>
- Lemba, J. K. (2009). Intervention Model for Sustainable Household Food Security in the Drylands of Kenya: Case Study of Makueni District. Ghent: Ghent University.
- Marangoni, B. (2020). Territorio e tematiche innovative compatibili con le aziende familiari locali. Oltre il cibo. Firenze: Accademia dei Georgofili.
- Minardi, A. (2018). Food Security in Developing Countries: the case study of "Production of appropriate food: sufficient, safe and sustainable" project. Piacenza: Dottorato AgriSystem - Università Cattolica del Sacro Cuore.
- Moyo, D. (2009). Dead Aid. Why Aid Is Not Working and How There Is a Better Way for Africa. New York: Farrar, Straus and Giroux.
- Murphy, B. K. (2000). International NGOs and the Challenge of Modernity. Development in Practice, vol. 10 (3-4), pp. 330-347.
- Nzamujo, G. (2002). Songai. Quand l'Afrique relève la tête. Paris: Les Editions du Cerf.

- Nzamujo, G. (2016). Songhai. L'Afrique Maintenant. CERF.
- Ritchie, H., Reay, D., & Higgins, P. (2023). Sustainable food security in India—Domestic production and macronutrient availability. Plos ONE, 13(3): n. e0193766. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0193766>
- Rondinelli, D. A. (1993). Development Projects as Policy Experiments: An Adaptive Approach to Development Administration. London: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203769706>
- Sassi, M. (2018). Understanding Food Insecurity. Key Features, Indicators, and Response Design. 1st ed. Springer International Publishing. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-70362-6>
- Sen, A. (1981). Poverty and Famines An Essay on Entitlement and Deprivation. Oxford: Claredon Press.
- Shaw, J. D. (2007). World Food Security. A history since 1945. London: Palgrave McMillan. <http://dx.doi.org/10.1057/9780230589780>
- Shukla, B., & Patil, R. (2015). Overview of grain drying and storage problems in India. International Journal of Engineering Research and General Science, vol. 3(5), pp. 1-9.
- SMART. (2022). Evaluation Nationale de la Situation Nutritionnelle par la méthodologie SMART au Burundi 2021.
- UNHCR. (2022). Burundi Situation: Population Dashboard. <https://data.unhcr.org/en/documents/details/98368>
- UNHCR. (2022). Operational Data Portal: Refugees in the DRC. <https://data.unhcr.org/ar/country/cod>

- UNICEF, WHO, & World Bank. (2023). UNICEF-WHO-World Bank: Joint child malnutrition estimates – Levels and trends (2023 edition). <https://data.unicef.org/resources/jme-report-2023>, www.who.int/teams/nutrition-and-food-safety/monitoring-nutritional-status-and-food-safety-and-events/joint-child-malnutrition-estimates, <https://datatopics.worldbank.org/child-malnutrition>
- von Grebmer, K., Bernstein, J., Geza, W., Ndlovu, M., Wiemers, M., Reiner, L., Bachmeier, M., Hanano, A., Chéillechair, R.N., Foley, C., Sheehan, T., Gitter, S., Larocque, G., & Fritschel, H. (2023). 2023 Global Hunger Index: The Power of Youth in Shaping Food Systems. Bonn, Dublin: Welthungerhilfe (WHH), Concern Worldwide.
- World Fact Book. (2023). The World Fact Book - Burundi. <https://www.cia.gov/the-worldfactbook/about/archives/2022/countries/burundi/#introduction>
- World Fact Book. (2023). The World Fact Book - Congo, Democratic Republic of the. <https://www.cia.gov/the-world-factbook/about/archives/2022/countries/congo-democratic-republic-of-the/#people-and-society>
- World Fact Book. (2023). The World Fact Book - India. <https://www.cia.gov/the-world-factbook/countries/india/summaries/#people-and-society/>
- World Food Program. (2022). VAM Food Security Analysis Economic Explorer [Online]. https://dataviz.vam.wfp.org/economic_explorer/prices
- World Food Program; UNHCR. (2022, May). Évaluation du nouvel afflux de réfugiés centrafricains dans les provinces du Nord et du Sud Ubangi (hors camp), May 2022. https://wfp-unhcr-hub.org/wp-content/uploads/2022/06/Evaluation-du-nouvel-afflux-de-refugies-centrafricains_mai2022.pdf

2. Obiettivi della ricerca

Questa tesi di dottorato è parte del progetto “C3S - Produzione di cibo appropriato: Sufficiente, Sicuro, Sostenibile. L’organizzazione, le attività e gli obbiettivi che esso si è posto sono brevemente sintetizzati nel paragrafo 1.3. Gli obiettivi di ricerca più specifici di questa tesi sono invece i seguenti:

- Sviluppare e caratterizzare la ricetta di un biscotto Ready-to-Use-Supplementary-Food (RUSF), usando le risorse alimentari a basso costo facilmente disponibili nell’Africa sub-sahariana (Burundi e Repubblica Democratica del Congo), per ottenere un prodotto adatto alla prevenzione e cura della malnutrizione dei bambini nella fascia di età 1-10 anni; il quale possa poi essere anche un esempio replicabile in altri Paesi a Basso Reddito;
- Valutare un sistema di coltivazione bioponica semplificato per la coltivazione di orticole, come possibile innovazione da introdurre nelle aree rurali dei Paesi a Basso Reddito, volta a promuovere l’intensificazione produttiva delle piccole aziende familiari;
- Analizzare l’impatto del Progetto C3S, dopo dieci anni di attività, sullo sviluppo rurale nella area di Darenchigre (West Garo Hills, Meghalaya, India), utilizzando come indicatori il MultiDimensional Poverty Index e il Food Consumption Score, oltre che i principali dati agricoli dei nuclei familiari.

Per ognuno di questi obiettivi è stato dedicato un capitolo apposito all’interno di questo elaborato, prima delle conclusioni generali.

3. Produzione di biscotti Ready-to-Use Supplementary-Food (RUSF), con ingredienti a basso costo, per la cura della malnutrizione infantile nell'area dell'Africa sub-sahariana

3.1 Introduzione

La malnutrizione è uno dei maggiori problemi dei Paesi a Basso Reddito (PBR). Il 45% dei 5,9 milioni di decessi di bambini sotto i 5 anni in tutto il mondo può essere collegato alla malnutrizione, che spesso è a sua volta collegata ad altre cause come infezioni e parassitosi (WHO, Children: reducing mortality 2016). Il rischio di morte per un bambino malnutrito è undici volte superiore a quello di un bambino ben nutrito (McDonald, et al. 2013). È noto poi che la malnutrizione compromette non solo lo sviluppo fisico, ma anche quello mentale/cognitivo, fondamentale per lo sviluppo integrale di ogni essere umano (FAO 2004). Per questo motivo, Black et al. (2013) considerano il problema della malnutrizione infantile nei PBR non solo legato alla mortalità, ma soprattutto all'influenza negativa sullo sviluppo; infatti, nei primi anni di vita, gli effetti maggiori si possono notare sullo sviluppo cognitivo, oltre che su quello motorio e socio-emotivo (Bhutta, et al. 2013). Altri effetti della denutrizione, a più lungo termine, sono le malattie mentali, l'ipertensione, il diabete e la riduzione della capacità lavorativa, con conseguenze sulla salute individuale e sul tenore di vita degli individui colpiti, per l'intero corso della loro vita (Victora, et al. 2008) (Martins, et al. 2011).

La malnutrizione è spesso legata all'insicurezza alimentare delle famiglie (HFI) (Jyoti, Frongillo e Jones 2005), definita come la mancanza di accesso fisico, sociale ed economico a cibo sufficiente, sicuro e nutriente per soddisfare i bisogni e le preferenze alimentari di una vita attiva e sana (FAO, IFAD e WFP 2013).

Il problema dell'HFI, nonostante alcuni miglioramenti, continua a essere molto preoccupante soprattutto in Africa. Infatti, la FAO ha dichiarato che tre quarti della popolazione africana non ha accesso a una dieta sana in cui siano fornite quantità adeguate di tutti i nutrienti necessari (FAO, ECA e AUC 2021). Inoltre, le loro diete sono caratterizzate dalla monotonia e dalla mancanza di alimenti ricchi di nutrienti, particolarmente essenziali per i bambini (UNICEF, WHO e The World Bank 2017). UNICEF et al. (2021) hanno indicato come, a livello globale, il 6,7% (45,4 milioni) dei bambini sotto i cinque anni soffre di wasting, mentre il 22% (149,6 milioni) di essi soffre di stunting.

Il wasting è indicato da un basso livello di peso per altezza (WHZ); invece, lo stunting è il risultato di una malnutrizione indicata da un basso livello di altezza per età (HAZ); infine, la malnutrizione

acuta grave (SAM) è un tipo di malnutrizione definita dall'OMS e dall'UNICEF (2009) come causa di almeno uno dei seguenti fattori: un basso WHZ, una circonferenza media del braccio inferiore a 115 mm o segni clinici di edema bilaterale.

Nel continente africano, il numero di bambini sotto i cinque anni che soffrono di wasting e stunting sono, rispettivamente, 12,1 milioni e 64,1 milioni, con 3,1 milioni che soffrono invece di SAM. Considerando il Burundi, le percentuali di stunting e wasting nella stessa categoria di bambini sono del 57,6% e del 4,8%; nella Repubblica Democratica del Congo (RD Congo), lo stunting colpisce il 40,8% dei bambini, con una percentuale di wasting del 6,4%. Questi numeri sono particolarmente preoccupanti se si considerano i livelli considerati critici per la fascia infantile di una popolazione: 30% per i livelli di stunting (40% allarmante) e 15% per il wasting (medio: 5-10%, basso: 2,5-5%) (UNICEF, WHO e The World Bank 2021).

Per gestire situazioni come quelle sopra descritte, si ritiene che gli alimenti ad alto contenuto energetico e di nutrienti possano essere un valido aiuto. I prodotti alimentari di emergenza, per essere utili, devono però essere pronti al consumo senza necessità di preparazione, avere una lunga durata di conservazione, essere facili da distribuire ovunque e, ovviamente, avere un alto contenuto di energia e di nutrienti (Cornelia e Chandra 2019); devono inoltre coprire le esigenze nutrizionali delle diverse età, fornendo energia in forma di proteine (10-15%), grassi (35-45%) e carboidrati (40-50%) (Zoumas, et al. 2002). Per questi motivi, a seconda delle diverse situazioni, gli alimenti nutrizionali pronti per l'uso (RUF) possono essere suddivisi in alimenti terapeutici pronti per l'uso (RUTF) e alimenti complementari pronti per l'uso (RUSF): i primi forniscono tutta l'energia e i nutrienti necessari affinché la crescita delle persone malnutrite possa ritornare rapidamente entro livelli normali; i secondi invece agiscono come integrazione, fornendo però buona parte dei nutrienti strategici necessari in una dieta adeguata (Duclercq 2014) (UNICEF 2012). L'esempio classico di RUTF è Plumpy'Nut, una pasta composta da farina di arachidi, zucchero, grasso vegetale e latte in polvere arricchita con minerali e vitamine (Nutrisset.fr). I prodotti RUSF sono molto vari e spesso sono realizzati anche con alcune fonti alimentari locali, in particolare quelle ricche di proteine e grassi con costi relativamente più bassi (Scherbaum, et al. 2015). Ad esempio, un pane arricchito con diverse concentrazioni di polvere di funghi orecchione (*Pleurotus plumonarius*), una ricca fonte di proteine di alta qualità e aminoacidi essenziali, è stato sviluppato in Nigeria da Okafor et al. (2012). Agrahar et al. (2016) hanno valutato l'arricchimento con farina di ceci della ricetta del laddoo, un dolce tradizionale a forma di limone composto da farina di cereali o legumi tostati, grassi e zucchero, molto apprezzato dalle popolazioni dell'India e del Medio Oriente.

Una forma molto comune per presentare un alimento terapeutico o integrativo è poi quella del biscotto, poiché questa forma di alimento è facile da accettare e consumare per i bambini (Ubbor e

Akobundu 2009). I biscotti ad alto valore energetico e nutritivo (HEB) sono molto documentati come integrazioni alimentari (per la relativa facilità di inserire nella formulazione di essi ingredienti ricchi di grassi e proteine, oltre che premix vitaminico-minerali) per i programmi di alimentazione di emergenza in situazioni di carenze nutrizionali o di mancanza di accesso alle strutture di base (Fleet 2017). L'OMS (2017) ha sviluppato il biscotto BP-100, un RUTF a base di latte utilizzato dalle agenzie umanitarie e dalle organizzazioni governative e non per trattare la SAM in qualsiasi contesto culturale. Varghese e Srivastav (2022) hanno sviluppato un biscotto a basso costo, ad alto contenuto energetico e nutrienti (RUSF) preparato con proteine isolate di soia, polvere di moringa, polvere di semi di jackfruit tostati e una premiscela di vitamine e minerali, con l'obiettivo di soddisfare il 30% del fabbisogno raccomandato (RDA) per gli adolescenti sottnutriti in India. Kouton et al. (2020) hanno effettuato un confronto con Plumpy'Nut e due biscotti preparati con arachidi, pistacchi, mais e moringa in Benin per quanto riguarda il contenuto di proteine e minerali. Uno studio condotto da Fetriyuna et al. (2021) ha valutato l'introduzione dell'arachide in alcuni biscotti RUSF come fonte proteica e lipidica, insieme a fagioli mungo, farina di taro e banana Nangka.

L'obiettivo di questo studio è stato quello di sviluppare un RUSF, utilizzando le risorse alimentari a basso costo facilmente disponibili nell'Africa sub-sahariana, con particolare attenzione al Burundi e alla Repubblica Democratica del Congo. Tali contesti vedono ormai da una decina d'anni l'intervento del Progetto C3S (Produzione di Cibo Appropriato: Sufficiente, Sicuro e Sostenibile), promosso dall'Università Cattolica del Sacro Cuore (Piacenza), che ha nel tempo istituito dei centri pilota o promosso iniziative con l'obiettivo di favorire il progresso agricolo, tecnologico e nutrizionale nelle comunità rurali dei PBR tra Africa sub-sahariana e India.

Le ricette iniziali sono state sviluppate sulla base di uno studio precedente (Reggi 2020), in cui sono stati preparati e caratterizzati tre prototipi con lo stesso obiettivo del presente lavoro. Tuttavia, il contenuto proteico raggiunto nel precedente lavoro (12-13%) è stato ritenuto non sufficientemente elevato e quindi, nella formulazioni ipotizzata nel presente studio, sono stati mantenuti come ingredienti essenziali solo le uova intere di gallina e la farina di arachidi. L'incorporazione della farina di soia cruda e della farina di Niebè (*Vigna unguiculata*) è stata dettata dalla necessità di aumentare il contenuto proteico, mentre la sostituzione dell'olio di semi di girasole con l'olio di palma in entrambe le ricette e l'eliminazione della farina di frumento nella ricetta per la RD Congo sono state attuate al fine di ridurre i costi. I nuovi biscotti (uno per il Burundi e uno per la RD Congo) sono stati analizzati dal punto di vista della composizione chimica e nutrizionale e testati per la stabilità (con riferimento al contenuto di umidità e perossidi, oltre che alla texture), simulando le condizioni di conservazione tipiche del contesto rurale di riferimento. I nuovi RUSF sono stati progettati per avere un impatto sulla nutrizione dei bambini (1-10 anni), tenendo conto delle loro possibilità di consumo

e delle diete locali, e per essere caratterizzati da un basso costo. Il potenziale di un prodotto di questo tipo, con le dovute modifiche di ingredienti in base alla reperibilità locale, potrebbe essere significativo per ogni contesto caratterizzato da povertà in cui un RUSF a basso costo è una necessità per il supporto nutrizionale dei bambini, a patto che le suddette sperimentazioni nei paesi sopra citati abbiano successo.

3.2 Materiali e metodi

3.2.1 Piano Sperimentale

Lo sviluppo dei biscotti RUSF ha incluso i seguenti passaggi.

- Selezione degli ingredienti e preparazione di essi
- Sviluppo della ricetta tramite il software “La Nuova Dieta Ragionata – 2003 (3.6.0)”
- Preparazione dei biscotti
- Caratterizzazione chimica e valutazione nutrizionale dei due prototipi finali di ricetta
- Produzione dei campioni dei due prototipi
- Monitoraggio dell’evoluzione nel tempo dei tre parametri considerati essenziali per valutarne la stabilità: umidità, perossidi e texture
- Valutazione degli aspetti economici

3.2.2 Selezione degli ingredienti e preparazione di essi

Tutti gli ingredienti sono stati reperiti sul mercato etnico di Piacenza (Italia), con particolare attenzione alla loro disponibilità in Burundi e nella RD Congo, soprattutto nelle aree in cui il Progetto C3S ha iniziative in atto. Inoltre, sono stati considerati i loro costi e le varietà e gli usi tradizionali.

Tabella 3.1: marche degli ingredienti selezionati e loro prezzi (USD/kg) in Burundi e RDCongo (Aprile 2021)

Prodotto	Marca (a Piacenza)	Prezzo in Burundi (USD/kg)	Prezzo in RD Congo (USD/kg)
Uova di gallina	Terra	2,80	2,93
Semi di soia	Calleris	0,73	0,66
Semi di Niebè (<i>Vigna unguiculata</i>)	Calleris	0,67	0,43
Farina di arachidi	Kava Foods	1,90	0,58
Farina di riso	Adea	0,84	1,08
Farina di grano tenero (tipo 1)	Cerealpuglia	0,73	2,00
Zucchero di canna	Tate & Lyle Demerara	0,88	1,40
Olio di palma	Blue Bay	0,91	1,00
Lievito chimico	Paneangeli	1,48	2,11

Queste informazioni sono state ottenute da numerosi questionari informali sulla dieta locale nell'ambito del progetto (Minardi 2018) (Tab. 3.1). La farina di soia e la farina di Niebè (*Vigna unguiculata*) sono state preparate macinando la granella in un “Model 4 – Laboratory Mill – Thomas Wiley” fino a raggiungere una dimensione delle particelle di 2 mm.

3.2.3 Sviluppo delle ricette e preparazione

Utilizzando “La Nuova Dieta Ragionata-2003”, un software professionale per dietisti, è stata condotta una valutazione in accordo con i dati di Mourey (2008) relativi ai fabbisogni nutrizionali dei bambini. Il database del software è stato utilizzato per valutare le caratteristiche chimiche degli ingredienti, ad eccezione delle caratteristiche chimiche del Niebè, che sono state valutate attraverso analisi di laboratorio. Questa valutazione ha portato alla conclusione che nella composizione dell'alimento deve essere incluso un contenuto proteico di almeno il 16%, oltre che un contenuto di grassi nella stessa percentuale. Per aderire ai requisiti sopra citati mantenendo un prezzo basso, alcuni ingredienti sono stati sostituiti, aggiunti o omessi rispetto alla ricetta di Reggi (2020). Sono stati eliminati la farina di sorgo, la farina di patate dolci, il tuorlo d'uovo e la farina di frumento (quest'ultima presente solo nella ricetta Burundi). L'olio di semi di girasole è stato sostituito con olio di palma e sono state incorporate la farina di soia cruda e la farina di Niebè cruda. In base ai dati citati e utilizzando il software, sono state ideate una serie di ricette preliminari, sottoposte a valutazione per accertare la combinazione ottimale di gusto e consistenza. La preparazione dei prototipi prevedeva la formazione dell'impasto attraverso l'impastamento manuale degli ingredienti secchi e umidi per un periodo di cinque minuti. Successivamente, i biscotti sono stati formati (d: 3 cm, h: 0,5 cm) e cotti in forno a convezione (180 °C per 11 minuti), ottenendo biscotti con un peso approssimativo di 7,1 g ciascuno. In base ai risultati di tutte le valutazioni, sono stati ottenuti due biscotti finali, uno per il Burundi e uno per la RD Congo (Tab. 3.2).

Tabella 3.2: composizione di biscotti per Burundi e RD Congo (% sul tal quale)

Ingredienti	BUR (Burundi)	CON (DR Congo)
Uova di gallina	20	22
Farina di soia	13	10
Farina di Niebè (<i>Vigna unguiculata</i>)	10	15
Farina di arachidi	16	20
Farina di riso	10	10
Farina di grano tenero (tipo 1)	8	--
Zucchero di canna	15	15
Olio di palma	6	6
Lievito chimico	2	2

3.2.4 Caratterizzazione chimica e nutrizionale

Le analisi della composizione dei due prototipi finali sono state condotte utilizzando i seguenti metodi: Metodo Ufficiale AOAC 942.05 per le ceneri, Metodo ISO 712 per la sostanza secca, Metodo Ufficiale AOAC 920.29 per l'estratto etereo (grasso), Metodo Ufficiale AOAC 996.11 (utilizzando il kit di dosaggio K-TSTA, Megazyme International, Bray, Irlanda) per l'amido, Metodo Ufficiale AOAC 2009.01 per la fibra, Metodo Ufficiale AOAC 990.03 per le proteine e il metodo descritto dalla Direttiva 71/250/CEE, 15/6/1971, per gli zuccheri riduttori. Per la caratterizzazione nutrizionale, sono stati utilizzati i seguenti metodi, rispettivamente per la digeribilità delle proteine e l'attività dell'ureasi: Metodo Ufficiale AOAC 971.09 e Direttiva 71/250/CEE, 15/6/1971. Una volta stimata la quantità di biscotti necessaria a soddisfare il 30% del fabbisogno proteico per i bambini di età compresa tra 1 e 10 anni, è stato utilizzato il software “La Nuova Dieta Ragionata -2003”, utilizzando i dati di Mourey (2008), per una valutazione della capacità teorica dei biscotti di soddisfare i requisiti di vitamina A, Fe e Zn.

3.2.5 Prova di stabilità

Per valutare la stabilità dei due prodotti sviluppati in condizioni climatiche standard, è stato condotto un test di conservazione a temperatura ambiente in Burundi e nella RD Congo, utilizzando dei semplici sacchetti di plastica come confezione (packaging consono alle possibilità dei due paesi). Per entrambe le ricette, 6 campioni di biscotti confezionati in sacchetti di plastica (PE) chiusi con elastici sono stati conservati in un termostato a 30 °C al buio e analizzati al tempo 0 e dopo 7, 14, 21, 28 e 35 giorni. Ad ogni intervallo di tempo, i biscotti sono stati analizzati per la loro conservabilità in termini di contenuto di umidità e di perossidi, oltre che per la loro texture. Il contenuto di umidità è stato analizzato con il metodo ISO 712, dopo la macinazione con un mixer da cucina. Il contenuto di perossidi del grasso estratto è stato valutato con il metodo descritto da Calligaris et al. (2007), secondo la procedura descritta nell'Allegato III del Regolamento 2568/91/CEE. Il contenuto di perossidi è riportato come meq O₂/kg di olio. La consistenza dei biscotti è stata valutata secondo il metodo descritto da Kaur et al. (2015), utilizzando l'analizzatore di consistenza TVT 6700 con le seguenti impostazioni: altezza del campione – 10 mm, distanza iniziale tra il sensore e il campione – 5 mm, velocità iniziale – 1 mm/s, velocità di prova – 3 mm/s, forza iniziale – 50 g, velocità dei dati – 333 pps. Per la texture sono stati valutati due parametri: durezza (g forza) e fratturabilità (mm).

3.2.6 Analisi dei dati

I dati relativi ai parametri chimici e nutrizionali (media delle analisi in triplo) sono stati confrontati mediante il test di Student, mentre i dati relativi alla stabilità sono stati confrontati mediante ANOVA,

analizzando anche l'influenza dei fattori tempo e ricetta. Il test di Tukey è stato utilizzato per l'analisi post hoc per differenziare le medie. Tutte le analisi sono state condotte utilizzando IBM SPSS Statistics (versione 25, SPSS Inc., Chicago, IL, USA). Per i grafici della stabilità è stato utilizzato GraphPad Prism 8.0.1. I risultati sono presentati come valori medi $\pm$ sd, $p < 0,05$.

3.3 Risultati

3.3.1 Caratterizzazione chimica e nutrizionale

I risultati presentati nella Tabella 3.3 non indicano differenze significative tra le due ricette per ognuno dei parametri considerati. Inoltre, si può osservare che è stato raggiunto un contenuto relativamente alto di proteine (17,81 e 16,77) e di grassi (19,69 e 20,06). L'attività ureasica – indice della disattivazione dei fattori antinutrizionali - è inoltre risultata molto bassa per entrambi i campioni di biscotti.

Tabella 3.3: composizione (% sul tal quale), digeribilità proteica (%) e attività ureasica (mg N/g min a 30 °C) delle ricette sperimentali. Valori riportati come media $\pm$ sd

Sostanze nutritive	BUR	CON
Sostanza Secca (SS)	94,35 $\pm$ 0,05	94,17 $\pm$ 0,02
Ceneri	3,06 $\pm$ 0,002	3,05 $\pm$ 0,004
Proteine	17,81 $\pm$ 0,03	16,77 $\pm$ 0,12
Grassi	19,69 $\pm$ 0,04	20,06 $\pm$ 0,02
Amido	26,37 $\pm$ 0,06	22,16 $\pm$ 0,01
Fibra	6,63 $\pm$ 0,04	6,95 $\pm$ 0,02
Fibra solubile	1,56 $\pm$ 0,05	1,11 $\pm$ 0,02
Fibra insolubile	5,07 $\pm$ 0,01	5,84 $\pm$ 0,04
Zuccheri riducenti	0,19 $\pm$ 0,02	0,34 $\pm$ 0,03
Digeribilità proteica	91,72 $\pm$ 0,01	92,01 $\pm$ 0,03
Attività ureasica	0,028 $\pm$ 0,003	0,020 $\pm$ 0,001

Tabella 3.4: quantità di biscotti necessaria a coprire il 30% del fabbisogno proteico giornaliero nei bambini da 1 a 10 anni (dati di Mourey, 2008)

Età (anni)	Fabbisogno proteico (g/d)	BUR (g/d)	BUR (Numero di biscotti)	CON (g/d)	CON (Numero di biscotti)
1–2	4,3	24,14	3,44	25,64	3,61
2–3	4,58	25,72	3,62	27,31	3,85
3–4	5,39	30,26	4,31	32,14	4,53
4–5	5,24	29,42	4,14	31,25	4,4
5–6	6,27	35,20	4,96	37,39	5,27
6–7	6,21	34,87	4,91	37,03	5,22
7–10	8,18	45,93	6,47	48,78	6,87

Il peso di un singolo biscotto è $7,1 \pm 0,1$ g, e la quantità di biscotti necessaria a coprire il 30% del fabbisogno proteico giornaliero per le differenti fasce di età è mostrato nella tabella 3.4.

La tabella 3.5 mostra le quantità teoriche di micronutrienti coperti dalle quantità di biscotti indicati per le differenti età

Tabella 3.5: quantità teoriche di micronutrienti (vitamina A, Zn, Fe) coperte dalle quantità di biscotti indicate per le differenti età nella Tabella 3.4 (fabbisogni dei micronutrienti dai dati di Mourey (2008); calcoli teorici ottenuti tramite il software “La Nuova Dieta Ragionata – 2003”)

Età (anni)	Fab. Vit A (µg/d)	Fab. Vit A dai biscotti (%)		Fab. Zn (mg/day)	Fab. Zn dai biscotti (%)		Fab. Fe (mg/day)	Fab. Fe coperti dai biscotti (%)	
		BUR	CON		BUR	CON		BUR	CON
1–3	400	6,19	7,19	4	16	17,75	3,9	24,61	27,95
4–6	400	7,67	8,94	6	13,16	14,66	4,2	28,33	32,14
7–10	500	8,51	9,9	7	15,57	17,43	5,9	27,96	31,69

3.3.2 Considerazioni economiche

In termini di considerazioni economiche, è essenziale riconoscere che l'analisi qui presentata si è concentrata esclusivamente sulla quantità e sul prezzo al dettaglio/kg dei singoli ingredienti utilizzati nelle due ricette, senza valutare tutti gli altri costi di produzione (macchinari, energia, personale e imballaggio) e le possibili perdite di peso o gli scarti di lavorazione. Dunque, sono stati raccolti i prezzi degli ingredienti durante lo studio (aprile 2021) e sono stati calcolati e confrontati i costi di produzione associati agli ingredienti acquistati per i due biscotti in entrambi i Paesi. In Burundi, il costo degli ingredienti per le ricette è risultato essere rispettivamente di 1,471 USD/kg e 1,386 USD/kg, e nella RD Congo di 1,312 USD/kg e 1,388 USD/kg. Si può notare quindi come il costo dei due biscotti sarebbe leggermente superiore in Burundi, con una differenza tra le due ricette; in Burundi però il BUR sarebbe il più economico (-5,78%), mentre nella RD Congo sarebbe il più costoso (+5,48%).

3.3.3 Prova di stabilità

Per quanto riguarda il contenuto di umidità (Fig. 3.1), le due ricette non hanno mostrato differenze significative per tutta la durata dello studio, con gli stessi tempi di conservazione. Non ci sono poi state differenze rilevanti all'interno della stessa ricetta in termini di evoluzione nel tempo. L'unica eccezione è stata osservata a 21 giorni per entrambi i campioni. Tuttavia, questa discrepanza è probabilmente dovuta a un problema di tenuta dei sacchetti di PE utilizzati per i campioni a 21 giorni.

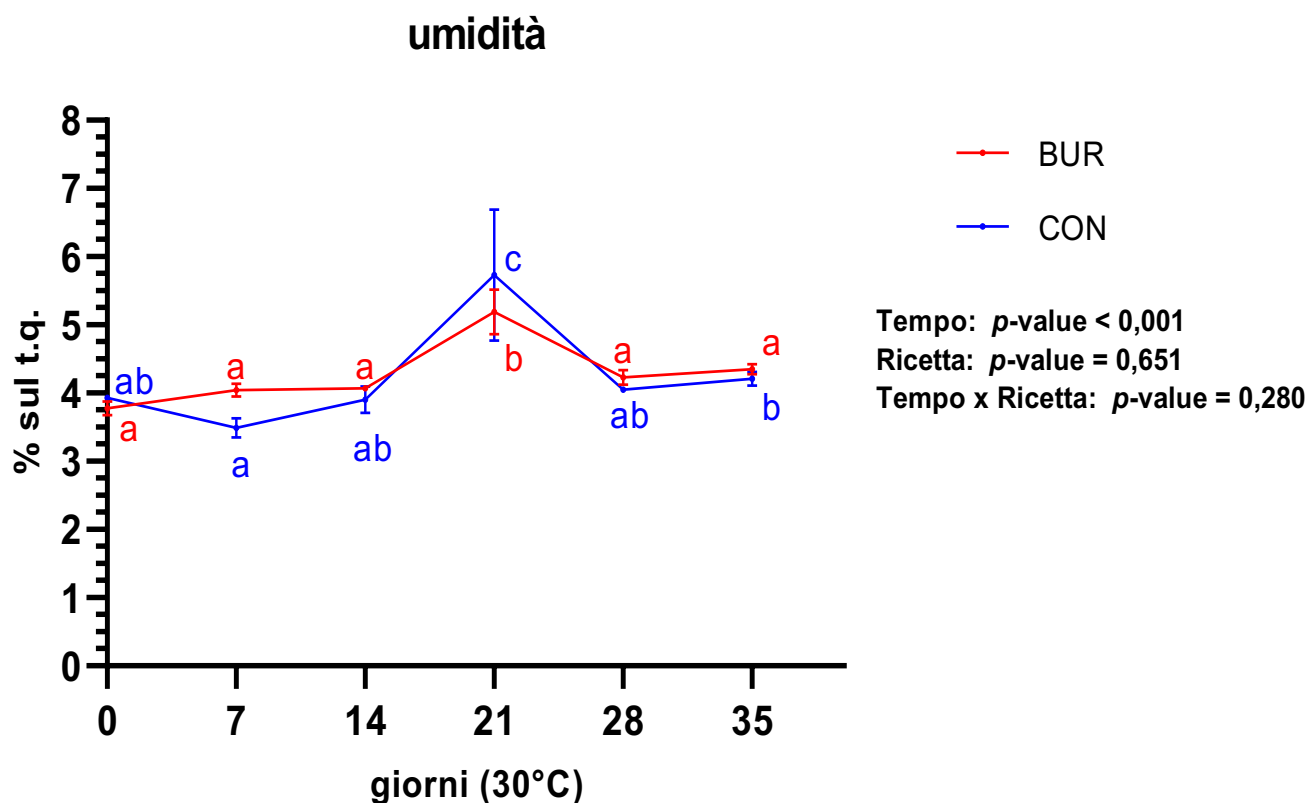


Figura 3.1: andamento del contenuto di umidità delle ricette durante la prova di stabilità. a, ab, c – differenze significative nella stessa ricetta.

Per l'analisi dell'ossidazione lipidica si può ragionevolmente supporre che le differenti quantità di farine utilizzate per le due ricette (e la conseguente differente composizione chimica in termini di acidi grassi polinsaturi) abbiano influito sul contenuto di perossidi (Fig. 3.2), mostrando dunque un'ossidazione più rapida per BUR rispetto a CON. Infatti, i campioni BUR hanno mostrato un aumento tra 14 e 21 giorni, mentre i campioni CON hanno mostrato un aumento simile ma tra 28 e 35 giorni. Nell'intero periodo dello studio però i valori di perossidi per BUR sono stati leggermente inferiori rispetto a quelli di CON, che ha quindi mostrato una minore, seppur lieve, stabilità ossidativa.

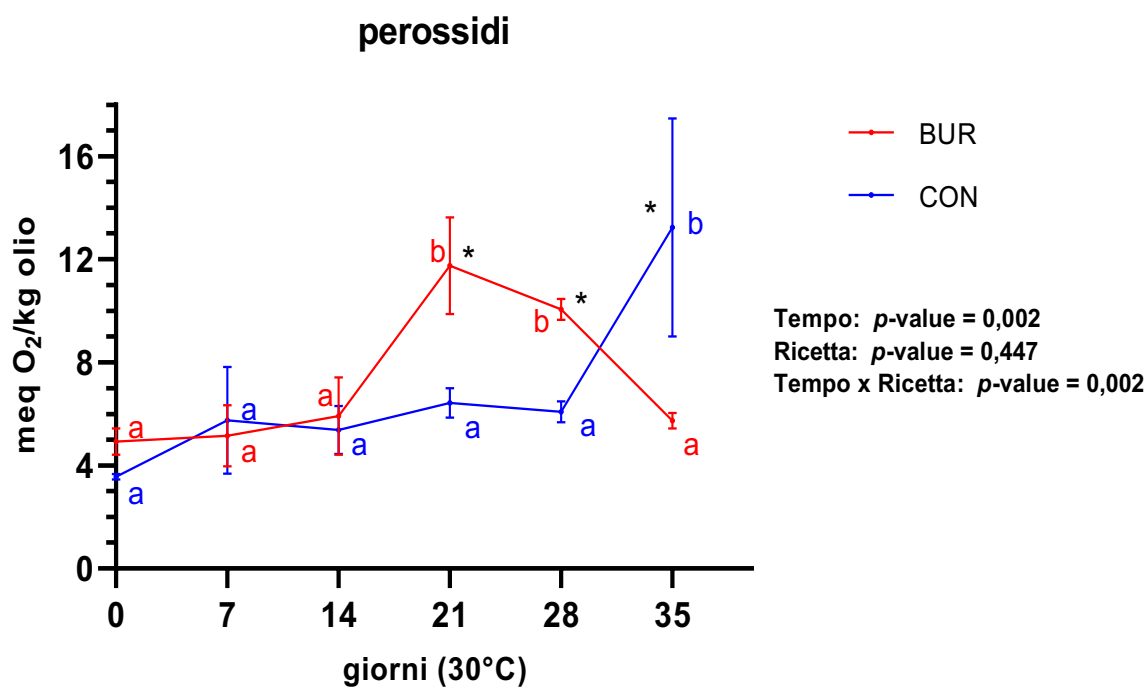


Figura 3.2: andamento del contenuto di perossidi delle ricette durante la prova di stabilità. * - differenze significative tra le ricette. a, b – differenze significative nella stessa ricetta.

L'analisi della texture ha prodotto due parametri distinti: fratturabilità (Fig. 3.3) e durezza (Fig. 3.4). La fratturabilità non è variata significativamente all'interno delle due ricette per tutto il periodo di prova, in linea con la tendenza osservata nel contenuto di umidità. Al contrario, è stata osservata una differenza significativa tra i due biscotti, con una fratturabilità inferiore (valore più alto in mm percorso dal sensore prima della rottura) per BUR rispetto a CON. Per la durezza sono state osservate tendenze concordanti, con valori costanti nel tempo e valori più elevati per BUR.

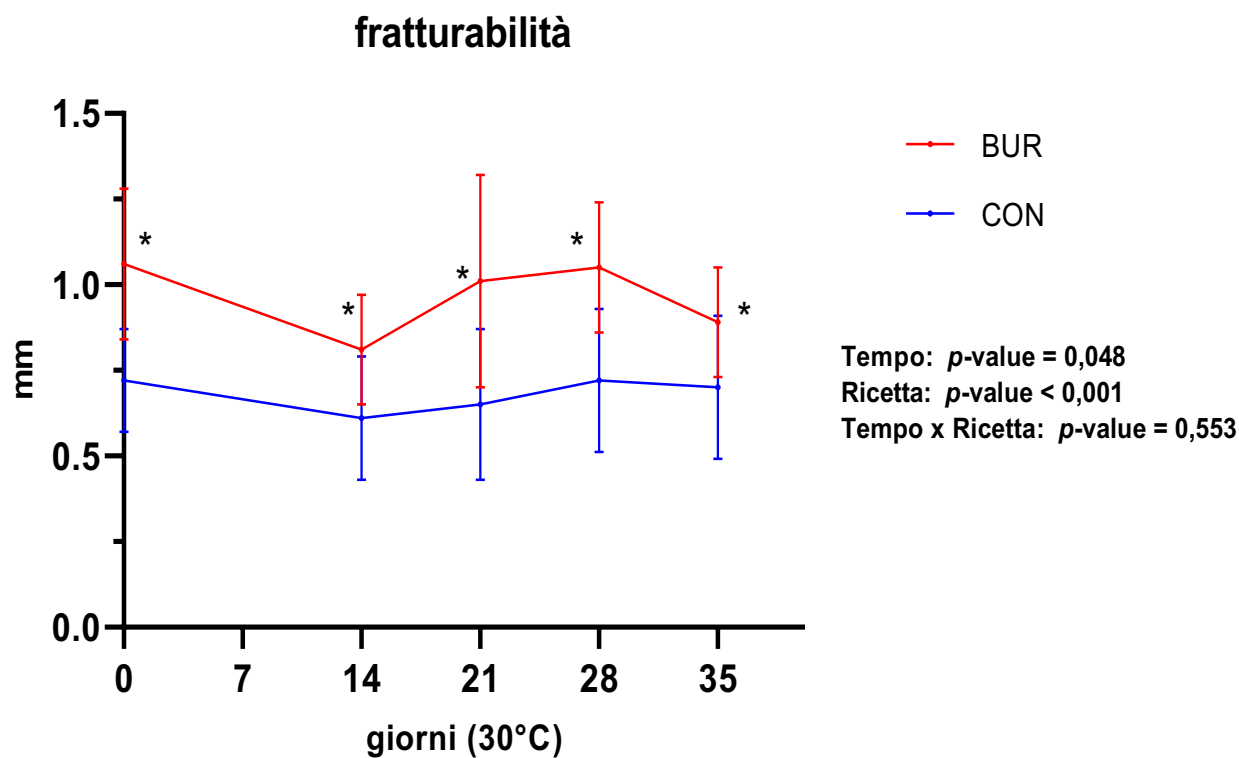


Figura 3.3: andamento della fratturabilità delle ricette durante la prova di stabilità. * - differenze significative tra le ricette.

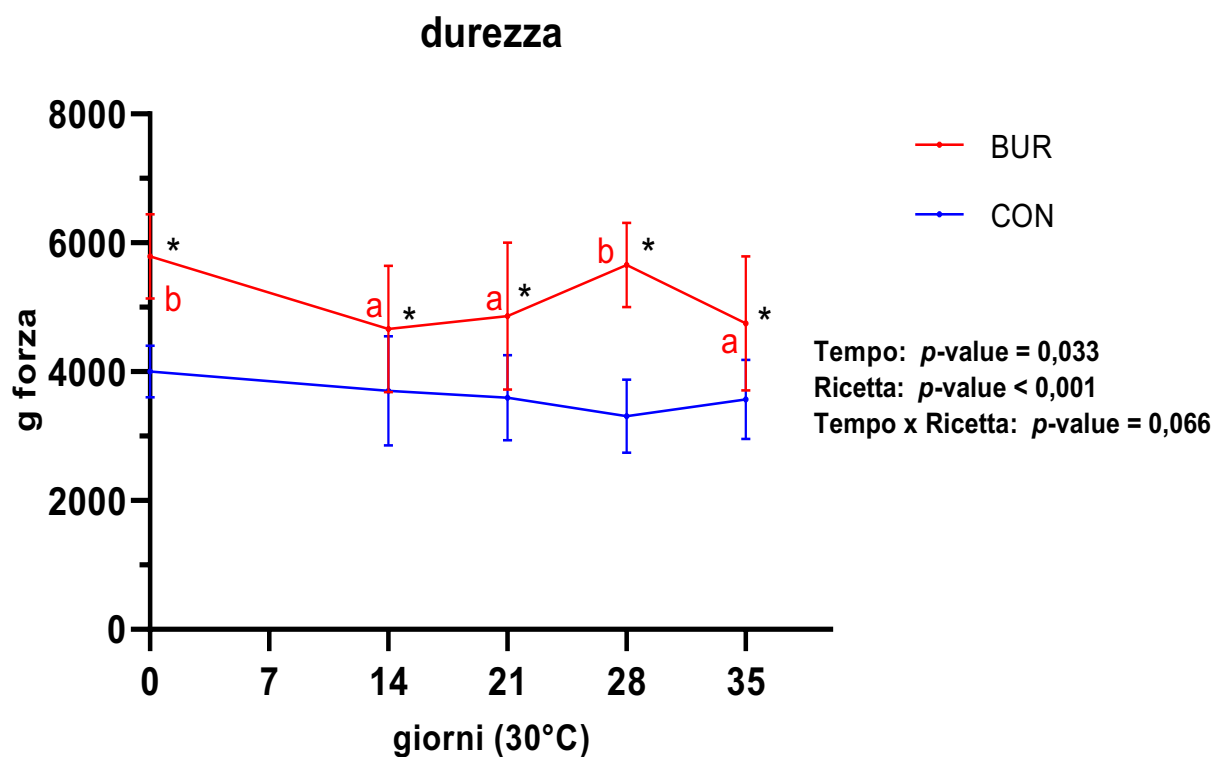


Figura 3.4: andamento della durezza delle ricette durante la prova di stabilità. * - differenze significative tra le ricette. a, b – differenze significative nella stessa ricetta.

3.4 Discussione

La fascia d'età più colpita dalla malnutrizione, definita come mancanza di alimenti adeguati (e quindi di nutrienti), è quella compresa tra i 3 e i 5 anni. In questo periodo, i bambini necessitano di componenti dietetiche più specifiche rispetto ad altre età, mentre spesso, nel contesto dell'Africa subsahariana, così come in altre aree geografiche a Basso Reddito, la transizione dello svezzamento, dovuta al lento adattamento del tratto digestivo e alla mancanza di alimenti per l'infanzia disponibili, può portare a un'alimentazione inadeguata. Tali carenze nell'infanzia possono avere conseguenze negative, tra cui un'aumentata incidenza di infezioni, danni allo sviluppo, in particolare per quanto riguarda le funzioni cerebrali e cognitive, un rischio maggiore di scarso rendimento scolastico e lavorativo futuro e un'elevata prevalenza di malattie croniche (Global Panel on Agriculture and Food Systems for Nutrition 2016). Nel tentativo di affrontare il problema della malnutrizione a livello mondiale, sono stati sviluppati diversi alimenti terapeutici. Un esempio è Plumpy'Nut, attualmente utilizzato per l'alimentazione dei bambini in un numero significativo di PBR (Nutriset.fr). Tuttavia, questo tipo di prodotto è soggetto ad alcune limitazioni; la sua disponibilità e la successiva distribuzione sono irregolari, il che ostacola un buon processo di recupero nutrizionale. Inoltre, le sue caratteristiche non si allineano con le abitudini alimentari tipiche della popolazione, aumentandone il rischio di rifiuto (Kouakou, Meite e Kouamé 2016). Una potenziale soluzione potrebbe essere l'uso di RUSF e RUTF preparati con ingredienti locali disponibili (Kouton, et al. 2020). Questo, infatti, oltre che aumentarne la sostenibilità può stimolare l'economia locale, con un impatto sociale rilevante della produzione di questi alimenti (Manary 2006), che potrebbe essere effettuata anche a livello artigianale o casalingo e poi venduta nei mercati locali (Arimond, et al. 2011).

Alla luce di queste considerazioni, gli ingredienti selezionati per le due ricette dei biscotti hanno rappresentato il miglior compromesso tra economicità e valore nutrizionale.

L'obiettivo era produrre un biscotto ricco di sostanze nutritive e al tempo stesso accessibile, con lo scopo di fornire il 30% del fabbisogno proteico giornaliero dei bambini. Il costo di RUSF e RUTF rappresenta una sfida significativa per la loro disponibilità nei PBR (Beesabathuni e Natchu 2010). Per questi motivi, il latte e gli altri prodotti lattiero-caseari, e il loro apporto proteico, sono stati sostituiti con l'uso di uova, farina di soia, farina di Niebè e farina di arachidi. Il latte in polvere, ad esempio, rappresenta l'ingrediente più costoso utilizzato nel BP-100 (Varghese e Srivastav 2022), ed a conclusioni medesime sull'utilizzo di prodotti derivati da latte sono giunti anche gli studi di Sandige et al. (2004) e Dibari et al. (2012).

La valutazione economica ha dimostrato che - in Burundi e nella RD Congo - sono necessarie due ricette distinte per mantenere il costo più basso possibile. Ad esempio, l'incorporazione della farina

di frumento nella ricetta della RD Congo avrebbe aumentato il costo del 5,48% e, come già detto, questo è stato il motivo principale per la sua esclusione nella ricetta specifica per questo paese. Questo tipo di ragionamento può essere facilmente esteso al resto dei PBR: contesti socioeconomici e geopolitici diversi originano prezzi molto diversi nelle materie prime.

La valutazione nutrizionale dei biscotti ha confermato la possibilità di produrre un RUSF adatto a soddisfare il 30% del fabbisogno proteico giornaliero con una porzione giornaliera di biscotti di massimo 50 g. Questa quantità è sufficientemente bassa da poter essere facilmente consumata da bambini così piccoli mantenendo allo stesso tempo un costo accessibile, consentendo quindi di utilizzare i biscotti come comodo spuntino tra i normali pasti consumati durante la giornata (UNICEF 2012) (Duclercq 2014).

Per quanto riguarda i macronutrienti, i biscotti ideati per il contesto burundese e congolese hanno presentato contenuti proteici rispettivamente del 17,81% e del 16,77%, entrambi superiori a quelli di Plumpy'Nut (16,35%) e BP-100 (12,3%), due dei RUF più diffusi e utilizzate nei PBR. Questo vale anche per i biscotti prodotti da Varghese e Srivastav (2022)(13,46%) e Kouton et al. (2020)(16,18%; 16,12%). Il nostro criterio guida è stato l'utilizzo di ingredienti a basso costo, pur aumentando il contenuto proteico e considerando anche le composizioni amminoacidiche della soia e dell'uovo, le quali sono estremamente complete. Il valore biologico (BV) e il punteggio di aminoacidi correlato per la digeribilità delle proteine (PDCAAS) di questi due prodotti infatti sono rispettivamente 100 e 1,00 per l'uovo e 74 e 1,00 per la soia (Hoffmann e Falvo 2004).

In termini di contenuto di grassi, i valori delle due ricette (BUR: 19,69%; CON: 20,06%) sono risultati inferiori a quelli osservati in BP-100 (24,8%), nei biscotti sviluppati da Varghese e Srivastav (25,97%) (2022) e in T1 e T2 (rispettivamente, 37,35% e 43,25%) sviluppati da Kouton et al. (2020). In ogni caso, il contenuto di grassi dei due prototipi è chiaramente superiore al 12% di grassi definito come standard per i biscotti ad alto contenuto energetico da USAID (2016). Inoltre, gli elevati valori lipidici nelle ricette sopracitate come confronto a BUR e CON sono volti a soddisfare la maggior parte delle esigenze dietetiche, in particolare quelle relative agli acidi grassi polinsaturi, data la scarsità di tali nutrienti nelle diete abituali. I valori relativamente più bassi delle due formulazioni presentate in questo studio possono quindi essere giustificati dalla loro natura di supporto e non terapeutica.

Per quanto riguarda il contenuto di fibre, le due ricette si distinguono per un livello di fibre notevolmente elevato (BUR: 6,63%; CON: 6,95%), superiore al massimo standard definito da USAID (2016) per i biscotti ad alto contenuto energetico (2,3%). Questo risultato può essere attribuito all'incorporazione di ingredienti a base di legumi nelle ricette, ma è necessario ricordare anche che questa fibra è parte dei tegumenti e quindi incide poco sulla utilizzazione dei nutrienti.

Per quanto riguarda il contenuto di ceneri (BUR: 3,06%; CON: 3,05%), entrambi i biscotti hanno mostrato un livello leggermente inferiore al minimo (3,5%) raccomandato dall'USAID (2016), ma questa discrepanza può essere attribuita all'assenza di minerali aggiunti, non facilmente reperibili sui mercati locali. Anche il contenuto di ceneri delle due ricette è inferiore rispetto ai tre biscotti a base di polvere di funghi (3,51%; 3,89%; 4,23%) di Cornelia e Chandra (2019).

L'analisi dell'attività ureasica ha rivelato valori rispettivamente di 0,028 (BUR) e 0,02 (CON) mg N/g min a 30°C, dieci volte inferiori al limite definito di 0,23 mg N/g min 30°C (CCIAA 2011). Questa evidenza dimostra la capacità della cottura in forno di denaturare i fattori anti-nutrizionali, come gli inibitori della tripsina (Saini 1989), spesso presenti nei legumi.

La digeribilità proteica dei biscotti è risultata molto elevata (BUR: 91,72%; CON: 92,01%), il che rappresenta un vantaggio significativo in termini di idoneità all'alimentazione dei bambini malnutriti. Per quanto riguarda il contenuto stimato di micronutrienti, i due prototipi non sono paragonabili ai prodotti simili presentati da Varghese e Srivastav (2022) o Fetriyuna et al. (2021), che hanno utilizzato premix vitaminici e minerali nella formulazione. È evidente, infatti, che i due biscotti non sono in grado di soddisfare il fabbisogno giornaliero di vitamina A, Zn e ferro per i diversi gruppi di età: riescono a coprire solo il 6-10% del fabbisogno giornaliero di vitamina A, il 13-18% del fabbisogno giornaliero di Zn e il 25-32% del fabbisogno giornaliero di Fe. Un confronto tra le due ricette ha rivelato che CON è la più ricca in termini di micronutrienti.

Per quanto riguarda la prova di stabilità, il contenuto di umidità di entrambi i prodotti è rimasto pressoché costante, senza aumenti significativi, per tutto il periodo di 35 giorni a 30°C. Inoltre, non sono state riscontrate differenze significative tra le due ricette. Un confronto con Romani et al. (2015) rivela una tendenza comparabile nell'evoluzione temporale del contenuto di umidità a temperature simili, sebbene i dati indichino un livello più elevato (3,9-4,1%) nelle ricette create per il contesto burundese e congolese. Anche l'umidità nei prototipi è rimasta al di sotto dei livelli massimi definiti da USAID (2016) per i biscotti ad alto contenuto energetico (4,5%), nonché dei livelli osservati in sei prototipi creati da Beshir et al. (2021) con farina di lupino (5,32%; 5,50%; 6,38%; 5,75%; 5,44%; 5,37%).

Per quanto riguarda il contenuto di perossidi, la differenza di ricetta e conseguente differente composizione in acidi grassi ha influenzato l'andamento dei due prototipi, che hanno dimostrato una differenza evidente nel tasso di ossidazione lipidica. Ciò è stato evidenziato dal fatto che il biscotto burundese ha raggiunto un livello superiore a 10 Meq O₂ /kg di olio a un ritmo più rapido rispetto a quello congolese: tale livello è considerato il punto di partenza per un aumento del rifiuto dei consumatori, in prodotti da forno simili, da Calligaris et al. (2007) (2008). Quest'ultimo studio (Calligaris et al. 2008) definisce l'area di rifiuto per il 70% dei consumatori come compresa tra 13,7

e 19,7 Meq O₂ /kg di olio, livelli che non sono mai stati raggiunti dai due biscotti nel corso dello studio. Inoltre, un confronto con Romani et al. (2015) indica che i livelli massimi di perossidi nei due prodotti sono stati inferiori ai livelli massimi raggiunti in prodotti simili testati da questi autori (14 Meq O₂ /kg di olio).

L'ultimo parametro analizzato per valutare la stabilità del prodotto è stata la texture. Sono stati identificati due parametri che consentono una spiegazione più dettagliata del profilo della texture: la durezza, espressa in g forza, e la fratturabilità, espressa in mm percorsi dal sensore dalla resistenza minima a quella massima mostrata dal prodotto prima di spezzarsi (quindi, un valore in mm più alto indica una minore fratturabilità). Durante il periodo citato, nessuno di questi due parametri di consistenza ha mostrato variazioni significative in entrambi i biscotti. Tuttavia, il biscotto burundese è risultato più duro e, di conseguenza, meno fratturabile di quello pensato per il contesto congolese. Questa differenza, che non influisce sulla percezione della palatabilità, può essere attribuita all'inclusione, nel primo prototipo, di farina di frumento, che rappresenta l'unica differenza significativa tra le due formulazioni. La formazione della rete di glutine può aver contribuito in modo significativo alla durezza del biscotto. Risultati simili su durezza e fratturabilità sono stati ottenuti da Lages Rodrigues et al. (2022), che hanno condotto una prova di texture simile in prodotti attinenti.

3.5 Conclusioni

Lo sviluppo di due ricette per la produzione di biscotti RUSF, in grado di fungere da alimenti complementari nella dieta scarsa in varietà e povera in macro e micronutrienti di Burundi e RD Congo (ma in generale nei contesti rurali e di povertà di qualsiasi Paese a Basso Reddito) ha mostrato risultati promettenti. Nonostante l'utilizzo di ingredienti a basso costo e l'esclusione di materie prime nutrizionalmente ricche come il latte e suoi derivati, l'integrazione proteica e lipidica si sono dimostrate essere all'altezza di prodotti pensati per scopi simili e già utilizzati da governi e ONG per la prevenzione e cura della malnutrizione infantile a livello internazionale. Questi arricchimenti sono stati effettuati poi mantenendo le quantità adeguate al consumo di un RUSF, che non deve sostituire i pasti ma essere soltanto un'integrazione tra essi, oltre che assicurando la digeribilità proteica adatta anche alle fasce di età più giovani, il cui tratto digerente non è ancora pienamente sviluppato.

La prova di stabilità condotta ha mostrato buona resistenza delle caratteristiche sensoriali dei prodotti, nonostante le condizioni di temperatura lievemente estremizzate e il packaging volutamente semplificato al massimo. Questi dati possono fare ben sperare per un'eventuale volontà di qualche gruppo di locali di intraprendere una produzione artigianale o semi-industriale dei biscotti, per

destinarli alla vendita sui loro mercati. Uno sviluppo economico auspicabile, in ogni contesto simile a quello preso in considerazione, che potrebbe dare non solo una maggiore disponibilità di questo tipo di prodotti per la cura della malnutrizione infantile, ma anche un impatto sociale ed economico di un certo rilievo, in parziale alternativa ad una realtà che è spesso limitata ad una agricoltura di sussistenza o a rari casi di agricoltura da reddito con rese irrisorie.

Alcuni aspetti da migliorare nel prodotto sono sicuramente l'elevato contenuto di fibra rispetto ai livelli consigliati, che potrebbe determinare un minore assorbimento dei costituenti presenti, oltre che la presenza di micronutrienti, che è attualmente carente e poco consona ad un prodotto RUSF. Va però notato che l'integrazione con sali e vitamine è stata temporaneamente esclusa per non incontrare problemi di costo eccessivo e reperibilità.

Il passo successivo, infine, di questo progetto può essere una prova di produzione sperimentale in loco, con successiva somministrazione e valutazione dell'impatto sulla crescita di bambini nelle fasce di età interessate. Essa sarà valutata tramite l'aiuto dell'ex collaboratore del Progetto C3S André Ndereyimana, attualmente in Burundi al lavoro con la ONG italiana Medicus Mundi. Come appendice di questo capitolo ne è presente il piano sperimentale.

3.6 Appendice – Piano Sperimentale “Valutazione dell’impatto nutrizionale di un biscotto proteico sulla malnutrizione infantile in Burundi”

Dalla caratterizzazione del biscotto proteico, presentata nel capitolo, è stato poi impostato uno studio sperimentale per valutarne l’impatto sulla popolazione infantile del distretto sanitario di Kiremba, dove agisce la ONG italiana Medicus Mundi, tramite l’ex collaboratore del Progetto C3S PhD Ndereyimana André. Il progetto è attualmente in attesa di partire a causa di alcune tempistiche prolungate dovute all’attuale contesto socioeconomico burundese; di seguito ne può essere osservato il piano sperimentale con una ricetta lievemente modificata (le modifiche sono dovute alla specifica area di azione oltre che alle variazioni di prezzo avvenute tra il 2021 e il 2024).

3.6.1 Piano Sperimentale

Scopo:

Valutazione dell’impatto nutrizionale di un biscotto proteico, preparato tramite l’utilizzo di materie prime locali a basso costo, su bambini usciti da meno di un mese da un programma di recupero nutrizionale (della durata di due mesi), svolto in una delle strutture del distretto sanitario di Kiremba.

Prodotto utilizzato e quantità:

Tabella I: Biscotto PROTEICO prodotto in loco (con tecnologie artigianali), ottenuto dalla seguente ricetta

Ingredienti	%
Farina di frumento	20
Farina di soia	20
Uovo di gallina	20
Zucchero di canna	20
Farina di arachidi	8
Latte di vacca intero	5
Olio di palma	5
Lievito chimico	2
Aromi	tracce

Tabella II: Biscotto PLACEBO prodotto in loco (con tecnologie artigianali) ottenuto dalla seguente ricetta:

Ingredienti	%
Farina di frumento	62
Zucchero di canna	20
Acqua	10
Olio di palma	6
Lievito chimico	2
Aromi	tracce

I biscotti proteici (Tab. I) e placebo (Tab. II) sono utilizzati dopo l'approvazione del processo produttivo e luogo di produzione da parte dell'ufficio nazionale di normalizzazione e controllo della qualità del Burundi (BBN-Bureau Burundais de Normalisation et Contrôle de la Qualité).

Per definire la quantità di biscotto proteico da somministrare ai bambini si è deciso di dividere la fascia di età prescelta (2-5 anni) in 2 sottogruppi: 2-3 anni e 4-5 anni. Si è quindi considerata una quantità di biscotti tale da coprire circa il 20% di kcal giornaliere (l'equivalente di una colazione):

60 g nella fascia 2-3 anni: forniscono 10,7 g di proteine, ovvero il 48,5% del fabbisogno proteico giornaliero (22 g per la fascia 1-3 anni), e 261 kcal, ovvero il 19,36% delle kcal giornaliere (1350 kcal per la fascia 1-3 anni).

70 g nella fascia di età 4-5 anni: forniscono 12,5 g di proteine, ovvero il 48% del fabbisogno proteico giornaliero (26 g per la fascia 3-5 anni), e 308 kcal, ovvero il 19,25% delle kcal giornaliere (1600 kcal per la fascia 3-5 anni).

I calcoli si basano sulle tabelle dei fabbisogni nutrizionali infantili definiti da Mourey (2008). È inoltre da ricordare che la somministrazione avviene a giorni alterni; quindi, l'apporto dei macronutrienti dato dai biscotti va considerato spalmato su due giornate.

Il biscotto placebo viene fornito nelle medesime quantità del biscotto proteico

Piano operativo:

Dopo l'individuazione di 200 bambini, nella fascia 2-5 anni, usciti da 1-2 mesi da un programma di recupero nutrizionale all'interno di 5 centri di salute vicini tra loro (dei 23 compresi nel distretto sanitario di Kiremba), si procede alla divisione di essi in 2 bracci da 100 bambini ciascuno.

Il primo braccio, inteso come trattato, riceverà per 3 volte a settimana a giorni alterni, per la durata di 16 settimane, il biscotto proteico. La quantità di biscotto somministrata sarà di 60 g per i bambini nella fascia 2-3 anni e di 70 g nella fascia di età 4-5 anni.

Il secondo braccio, inteso come controllo, riceverà con la stessa cadenza e le stesse quantità divise per fascia di età il biscotto placebo, non arricchito in proteine.

Entrambe le somministrazioni avverranno all'interno dei centri di salute, per assicurarsi che il biscotto sia effettivamente destinato al bambino, con accompagnamento di acqua a favorire una migliore masticazione e deglutizione del prodotto.

La somministrazione vedrà la collaborazione con le Maman Lumières: madri individuate dal governo (notando l'ottima nutrizione dei loro figli) per fare da supervisori, nei centri di salute, al percorso riabilitativo nutrizionale dei bambini presi in carico. Esse puntano a creare un rapporto con la madre del bambino in cura, per "coprire l'ultimo miglio" ed evitare l'abbandono della cura.

A tutte le madri dei bambini coinvolti nella sperimentazione verrà proposto un incontro mensile, per la durata della prova (4 incontri totali), in cui verranno istruite sui principi base della nutrizione umana e infantile.

Analisi da svolgere:

Sul biscotto:

- Caratterizzazione nutrizionale tramite campionamento della produzione e analisi sul "campione medio" utilizzato durante le 16 settimane di prova (in Italia)
- Protein Score, digeribilità in vitro, PDCAAS e DIAAS (adeguatezza proteica su frazione digeribile), sempre sul "campione medio" utilizzato durante i 4 mesi di prova (in Italia)

Sul campione trattato e sul controllo:

- Compilazione di questionari per l'ottenimento di dati del bambino e della situazione economico-sociale familiare
- Compilazione di diario alimentare del bambino riferito ai giorni precedenti, durante i tre giorni della somministrazione – la prima settimana, dopo 16 settimane e dopo 24 settimane (quest'ultima data a somministrazione già terminata da 8 settimane).
- Emoglobina ed ematocrito, glicemia, trigliceridi – la prima settimana, dopo 8 settimane, dopo 16 settimane e dopo 24 settimane.
- Colesterolo totale – la prima settimana, dopo 16 settimane e dopo 24 settimane.

- Misure antropometriche (peso, altezza, circonferenza braccio) – ogni 2 settimane, dalla prima settimana a 16 settimane e dopo 24 settimane.

Comitato etico:

Richiesta autorizzazione scritta e timbrata dall'autorità del Ministero della Sanità e della lotta contro l'AIDS (MSPLS), con copia al Rettorato dell'Università di Ngozi.

Criteri di esclusione dallo studio:

- Bambini non compresi nella fascia di età 2-5 anni.
- Bambini usciti da un programma di recupero nutrizionale da più di due mesi.

3.6.2 Materiale da utilizzare per la raccolta dati

Questionario anagrafico del/la bambino/a

1. Nome e cognome del bambino:

2. Sesso del bambino:

0.Maschile	1.Femminile
------------	-------------

3. Data di nascita: __/__/____

4. Villaggio di provenienza:

5. Centro di Salute (CDS) di riferimento:

6. Il bambino va a scuola?

0.Sì	1.No
------	------

7. Il bambino è affetto da patologie o allergie? (se si indicare quali):

.....

8. Il bambino sta attualmente (ultime settimane) assumendo una supplementazione alimentare fornita dallo stato?

0.Sì	1.No
------	------

9. Nome e cognome accompagnatore:

10. Telefono di contatto dell'accompagnatore:

11. Grado di parentela con il bambino:

1.Madre	2.Padre	3.Fratello	4.Sorella	5.Nonno	6.Nonna	7.Zio	8.Zia	9.Altro.....
---------	---------	------------	-----------	---------	---------	-------	-------	--------------

12. Età della madre:

13. Occupazione della madre:

1.Impiegata	2.Settore privato	3.Contadina	4.Disoccupata	5.Occasionale
-------------	-------------------	-------------	---------------	---------------

14. Livello di istruzione della madre:

1.Nessuno	2.Primario	3.Secondario inferiore	4.Secondario superiore	5.Universitario
-----------	------------	------------------------	------------------------	-----------------

15. Età del padre:

16. Occupazione del padre:

1.Impiegato	2.Settore privato	3.Contadino	4.Disoccupato	5.Occasionale
-------------	-------------------	-------------	---------------	---------------

17. Livello di istruzione del padre:

1.Nessuno	2.Primario	3.Secondario inferiore	4.Secondario superiore	5.Universitario
-----------	------------	------------------------	------------------------	-----------------

18. Numerosità nucleo familiare:

1.	2.	3.	4.	5.
1-3 membri	4-5 membri	6-7 membri	8-10 membri	>10 membri

19. Reddito mensile familiare:BIF

Raccolta dati ed analisi

	0 settimane	2 settimane	4 settimane	6 settimane	8 settimane	10 settimane	12 settimane	14 settimane	16 settimane	24 settimane
Code:(A)	Data: _/_/_	Data: _/_/_	Data: _/_/_	Data: _/_/_	Data: _/_/_	Data: _/_/_	Data: _/_/_	Data: _/_/_	Data: _/_/_	Data: _/_/_
Peso (kg)										
Altezza (cm)										
Circonferenza braccio (cm)										
Emoglobina (g/dl)		X	X	X		X	X	X		
Ematocrito (%)		X	X	X		X	X	X		
Glicemia (mg/dl)		X	X	X		X	X	X		
Trigliceridi (mg/dl)		X	X	X		X	X	X		
Colesterolo (mg/dl)		X	X	X	X	X	X	X		
Integrazione alimentare statale? (si/no)										

Nome e cognome del bambino:

Sesso:

0.Maschile

1.Femminile

Nome, cognome e telefono di contatto dell'accompagnatore che ha dato il consenso per il/la bambino/a:

Data (gg/mm/aaaa):
GGMMAAAA

Indicare cosa il bambino ha mangiato ieri nei differenti momenti della giornata:

Momento della giornata	Alimenti e Bevande consumati (indicare anche l'acqua)	Quantità indicativa		
		piccola	media	grande

Il bambino oggi ha assunto una supplementazione alimentare fornita dallo stato?

0.Sì

1.No

3.7 Bibliografia

- Agrahar-Murugkar, D., Zaidi, A., & Gupta, C. (2016). Quality evaluation of composite flour laddoo containing sprouted and malted ingredients. *Nutrition & Food Science*, vol. 46(4), pp. 476-487. <https://doi.org/10.1108/NFS-06-2015-0075>
- AOAC (2000) Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis, 17th ed. Arlington, VA, USA, AOAC Int.
- Arimond, M., Hawkes, C., Ruel, M., Sifri, Z., Berti, P., Leroy, J., Low, J.W., Brown, L.R., & Frongillo, E.A. (2011). Agricultural Interventions and Nutrition: Lessons from the Past and New Evidence. In *Combating micronutrient deficiencies: Food-based approaches*; CAB International FAO (pp. 41-75). Oxfordshire, UK: Thompson Amoroso, B., Ed.
- Beesabathuni, K., & Natchu, U. (2010). Production and distribution of a therapeutic nutritional product for severe acute malnutrition in India: Opportunities and challenges. *Indian Pediatrics*, vol. 47(8), pp. 702-706. <https://doi.org/10.1007/s13312-010-0096-0>
- Beshir, E., Khallaf, M., Abd El-daim, Y., Awad, R., & Kamel, M.A-A. (2021). Sweet Lupin and Whey Protein Concentrate as Supplementants for Utilizing in Semi-Hard Biscuit and Its Chemical Properties. *Egyptian Journal of Chemistry*, vol. 64(12), pp. 7517-7527. <https://doi.org/10.21608/ejchem.2021.98412.4583>
- Bhutta, Z., Das, J., Rizvi, A., Michelle, F., Walker, N., Horton, S., Webb, P., Lartey, A., & Black, R. (2013). Evidence-based interventions for improvement of maternal and child nutrition: What can be done and at what cost? *The Lancet*, vol. 382(9890), pp. 452-477. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(13\)60996-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(13)60996-4)
- Black, R., Victora, C., Walker, S., Bhutta, Z., Christian, P., de Onis, M., Ezzati, M., Grantham-McGregor, S., Katz, J., Martorell, R., & Uauy, R., the Maternal and Child Nutrition Study Group. (2013). Maternal and child undernutrition and overweight in low-income and middle-income countries. *The Lancet*, vol. 382(9890), pp. 427-451. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(13\)60937-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(13)60937-X)

- Calligaris, S., Manzocco, L., Nicoli, M.C. (2007). Shelf-life modelling of bakery products by using oxidation indexes. *J. Agric. Food. Chem.*, vol. 55(5), pp. 2004-2009.
<https://doi.org/10.1021/jf063004h>
- Calligaris, S., Pieve, S., Manzocco, L., & Nicoli, C. (2008). Shelf Life Prediction of Bread Sticks Using Oxidation Indices: A Validation Study. *Journal of Food Science*, vol.73(2), pp. E51-56. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00624.x>
- Camera di Commercio (CCIAA), resolution n. 6, 18/4/2011, Special Regulations Vegetable Extraction Flour, Milano.
- Commission Regulation (EEC) No 2568/91 of 11 July 1991 on the characteristics of olive oil and olive-residue oil and on the relevant methods of analysis.
- Commission Directive (First) (EEC) No 71/250 of 15 June 1971 establishing Community methods of analysis for the official control of feeding-stuffs.
- Cornelia, M., & Chandra, J. (2019). Utilization of white oyster mushroom powder (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm.) in the making of biscuit as emergency food product. *EurAsian Journal of BioSciences*, vol. 13(2), pp. 1859-1866.
- Dibari, F., Diop, E., Collins, S., & Seal, A. (2012). Low-cost, ready-to-use therapeutic foods can be designed using locally available commodities with the aid of linear programming. *Journal of Nutrition*, vol. 142(5), pp. 955-961. <https://doi.org/10.3945/jn.111.156943>
- Duclercq, M.-P. (2021). Production of Ready-to-Use Food (RUF): An Overview of the Steps and Challenges Involved in the “Local” Production of RUF. CMAM Forum Technical Brief.
- Duvenage, S., Oldewage-Theron, W., Egal, A., & Medoua, G. (2013). Home-prepared soymilk: Potential to alleviate protein- energy malnutrition in low-income rural communities in South Africa? *Health SA Gesondheid*, vol. 18(1), pp. 1-7.
<https://doi.org/10.4102/hsag.v18i1.721>

- FAO. (2004). Incorporating Nutrition Consideration into Development Policies and Programmes, Brief for Policy-Makers and Programme Planners in Developing Countries. Rome, Italy: FAO.
- FAO, ECA, & AUC. (2021). Africa Regional Overview of Food Security and Nutrition 2020: Transforming Food Systems for Affordable Healthy Diets. Accra, Ghana: FAO.
- FAO, IFAD, & WFP. (2013). The Multiple Dimensions of Food Security, The State of Food Insecurity in the World 2013. Rome, Italy: FAO.
- Fetriyuna, F., Purwestri, R., Susandy, M., Köhler, R., Jati, I., Wirawan, N., & Biesalski, H.-K. (2021). Composite Flour from Indonesian Local Food Resources to Develop Cereal/Tuber Nut/Bean-Based Ready-to-Use Supplementary Foods for Prevention and Rehabilitation of Moderate Acute Malnutrition in Children. *Foods*, vol. 10(12), pp. 3013. <https://doi.org/10.3390/foods10123013>
- Fleet, A. (2017). High Energy Biscuits – product specification sheet. Tratto da www.unicef.org (4 Febbraio 2022): https://www.unicef.org/supply/files/High_Energy_Biscuit_unicef_product_specification
- Global Panel on Agriculture and Food Systems for Nutrition. (2016). Food Systems and Diets : Food Systems and Diets. London, UK.
- Hoffmann, J.R., & Falvo, M.J. (2004). Protein – Which is Best?. *J. Sports Sci. Med.*, vol. 3(3), pp. 118-130.
- INS, USAID, & UNICEF. (2019). MICS-Palu, RDC, 2017–2018, rapport de resultats de l'enquête.
- ISO 712:2009 – Cereals and cereal products – Determination of moisture content – Reference method

- Jyoti, D.F., Frongillo, E.A., & Jones, S.J. (2005). Food Insecurity Affects School Children's Academic Performance, Weight Gain, and Social Skills. *The Journal of Nutrition*, vol. 135(12), pp. 2831-2839. <https://doi.org/10.1093/jn/135.12.2831>
- Kaur, M., Sandhu, K., Arora, A., & Sharma, A. (2015). Gluten free biscuits prepared from buckwheat flour by incorporation of various gums: Physicochemical and sensory properties. *LWT, Food Sci. Techn*, vol. 62(1), pp. 628-632. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.02.039>
- Kouakou, E., Meite, A., & Kouamé, G.(2016). Traditional process for the production of therapeutic food for the nutritional care of the malnourished. *International Journal of Current Research*, vol. 8, pp. 39395-39398.
- Kouton, S., Vodouhé, S., Hounkpatin, W., & Soumanou, M. (2020). Formulated Therapeutic Food Fortified of Vegetable for Nutritional Recuperation of Undernourished Infants in Benin. *J Food Sci Nutr Res*, vol. 3 (2), pp. 92-101. <https://doi.org/10.26502/jfsnr.2642-11000041>
- Lages Rodrigues, L., Minoru Hashimoto, J., Harumi Nabeshima, E., De Olivera Gomes, F., Do Nascimento Silva, J., & Damasceno E Silva, K.J. (2023). Characteristics of biscuits containing different proportions of whole mung bean, wheat and rice brown flours. *Food Science and Technology International*, vol. 29(8), pp. 818-830. <https://doi.org/10.1177/10820132221121172>
- Manary, M.J. (2006). Local Production and Provision of Ready-to-Use Therapeutic Food (RUTF) Spread for the Treatment of Severe Childhood Malnutrition. *Food Nutr. Bull.*, vol. 27(3 suppl.), pp. S83-S89. <https://doi.org/10.1177/15648265060273S305>
- Martins, V.J.B., Toledo Florencio, T.M.M., Grillo, L.P., Franco, M.C.P., Martins, P.A., Clemente, A.P.G., Santos, C.D.L., Vieira, M.F.A., & Sawaya, A.L. (2011). Long-Lasting Effects of Undernutrition. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 8(6), pp. 1817-1846. <https://doi.org/10.3390/ijerph8061817>
- Mc Donald, C.M., Olofin, I., Flaxman, S., Fawzi, W.W., Spiegelman, D., Caufield, L.E., Black, R.E., Ezzati, M., Danadei, G., & Nutrition Impact Model Study (2013). The effect of

multiple anthropometric deficits on child mortality: meta-analysis of individual data in 10 prospective studies from developing countries. *The American Journal of Clinical Nutrition*, vol. 97(4), pp. 896-901. <https://doi.org/10.3945/ajcn.112.047639>

- Minardi, A. (2018). Food Security in Developing Countries: the case study of “Production of appropriate food: sufficient, safe and sustainable” project. Experimental thesis for cycle XXXI, Ph.D. in Agro-Food System, Università Cattolica del Sacro Cuore, Piacenza, tutor prof. Sckokai, P., Ajmone Marsan, P., & Bertoni, G.
- Mourey, A. (2008). Nutrition manual for humanitarian action. International Committee of the Red Cross – Assistance Division, pp.76-96.
- Okafor, J., Okafor, G., Ozumba, A., & Elemo, G. (2012). Quality Characteristics of Bread Made from Wheat and Nigerian Oyster Mushroom (*Pleurotus plumonarius*) Powder. *Pakistan Journal Of Nutrition*, Vol. 11(1), pp. 5-10. <https://doi.org/10.3923/pjn.2012.5.10>
- Plumpy'NUT. By www.nutriset.fr (21 Dicembre 2023).
<https://www.nutriset.fr/products/en/plumpy-nut>
- Reggi, D. (2020). Sviluppo di biscotti proteici per bambini del Burundi: prospettive di industrializzazione. Experimental thesis for Food Science and Technology Master Degree, Università Cattolica del Sacro Cuore, Piacenza, tutor prof. Spigno G.
- Romani, S., Tappi, S., Balestra, F., Rodriguez Estrada, M., Siracusa, V., Rocculi, P., & Dalla Rosa, M. (2015). Effect of different new packaging materials on biscuit quality during accelerated storage. *J. Sci. Food. Agric.*, vol. 95(8), pp. 1736-1746.
<https://doi.org/10.1002/jsfa.6888>
- Saini, H.S. (1989). Thermal stability of protease inhibitors in some cereals and legumes. *Food Chemistry*, vol. 32(1), pp. 59-67. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(89\)90008-3](https://doi.org/10.1016/0308-8146(89)90008-3)
- Sandige, H., Ndekha, M., Briend, A., Ashorn, P., & Manary, M. (2004). Home-based treatment of malnourished Malawian children with locally produced or imported ready-to-

use food. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, vol. 39(2), pp. 141-146.

<https://doi.org/10.1097/00005176-200408000-00003>

- Scherbaum, V., Purwestri, R., Stuetz, W., Inayati, D., Suryantan, J., Bloem, M.A., & Biesalski, H.K. (2015). Locally Produced Cereal/Nut/Legume-Based Biscuits versus Peanut/Milk-Based Spread for Treatment of Moderately to Mildly Wasted Children in Daily Programs on Nias Island, Indonesia: An Issue of Acceptance and Compliance? *Asia Pac. J. Clin. Nutr.*, vol. 24(1), pp. 152-161. <https://doi.org/10.6133/apjcn.2015.24.1.15>
- Ubbor, S., & Akobundu, S. (2009). Quality characteristics of cookies from composite flours of watermelon seed, cassava and wheat. *Pakistan Journal of Nutrition*, vol. 8(7), pp. 1097-1102. <https://doi.org/10.3923/pjn.2009.1097.1102>
- UNICEF. (2012). UNICEF 's Approach to Scaling up Nutrition.
- UNICEF. (2017). Cinq questions à l'Unicef sur la malnutrition. République Démocratique du Congo.
- UNICEF, WHO, & The World Bank Group. (2017). Levels and trends in child malnutrition. New York, USA.
- UNICEF, WHO, & The World Bank Group. (2021). Levels and trends in child malnutrition: key findings of the 2021 edition of the joint child malnutrition estimates. Geneva: WHO.
- USAID. (2016). The United States Agency for International Development commodity specification for High-energy biscuits (HEB) for use in international food assistance programs.
- Varghese, C., & Srivastav, P. (2022). Formulation and sensory characterization of low-cost, high-energy, nutritious cookies for undernourished adolescents: An approach using linear programming and fuzzy logic. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, vol. 75, n. 102904. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2021.102904>

- Victora, C.G., Adair, L., Fall, C., Hallal, P.C., Martorell, R., Richter, L., & Sachdev, H.S. (2008). Maternal and Child Undernutrition: Consequences for Adult Health and Human Capital. *The Lancet*, vol. 371(9609), pp. 340-57. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(07\)61692-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(07)61692-4)
- WHO. (2016). *Children: reducing mortality*, p. 178.
- WHO. (2017). RUTF biscuit (BP100). Product specifications sheet RUTF biscuit (BP 100), BP100. WHO.
- WHO, & UNICEF. (2009). WHO child growth standards and the identification of severe acute malnutrition in infants and children. A Joint Statement by the World Health Organization and the United Nations Children's Fund. World Health Organization and UNICEF .
- Zoumas, B.L., Amstrong, L.E., Backstrand, J.R., Chenoweth, W.L., Chinachoti, P., Klein, B.P., Lane, H.W., Marsh, K.S., & Tolvaven, M. (2002). *High Energy, Nutrient-Dense Emergency Relief Product*. National Academy Press, Washington, DC. <https://doi.org/10.17226/10347>

4. Intensificazione della produzione orticola mediante tecnica bioponica innovativa

4.1 Introduzione

Tra le più grandi sfide che il pianeta sta attualmente affrontando una delle principali è sicuramente la crescita demografica e lo sviluppo di un sistema agroalimentare adeguato a sopportarla. Interconnesso ad essa è sicuramente il cambiamento climatico, che porta alla necessità di produrre cibo adeguato all'attuale popolazione in crescita cercando, allo stesso tempo, di salvaguardare il pianeta e i suoi ecosistemi da un depauperamento che negli anni è diventato sempre più evidente e grave.

Una possibile strada da percorrere, per venire incontro all'esigenze di Food Security della popolazione mondiale con un approccio sostenibile e futuribile, è l'agricoltura "fuori suolo", sia nei Paesi ad Alto Reddito (PAR), sia in quelli a Basso Reddito (PBR), seppur in una prospettiva maggiormente a lungo termine. L'agricoltura fuori suolo (FS) è nata inizialmente per sopperire alle problematiche sanitarie e nutrizionali legate al suolo, con perfezionamenti nel tempo improntati all'aumento della resa e alla riduzione dei costi; si sono poi compresi i possibili grossi vantaggi di sostenibilità per l'ambiente che ospita la coltivazione e attualmente la ricerca è maggiormente improntata su questo tema, oltre che al miglioramento qualitativo delle colture (Gonnella e Renna 2021). Innanzitutto, le coltivazioni FS utilizzano meno acqua rispetto a quelle in suolo: sia perché viene azzerata la percolazione del terreno, sia perché viene ridotta molto l'evapotraspirazione (Rouphael, et al. 2004). Inoltre, nei sistemi chiusi si unisce il vantaggio di una maggiore efficienza d'uso dei nutrienti, dato che si effettua anche il ricircolo totale della soluzione nutritiva (Gruda 2019). Infatti, vari studi (Abdullah 2016) (Nejatian, Ganai e Belgacem 2016) (Halbert-Howard, et al. 2021) hanno dimostrato che per le coltivazioni FS con ricircolo della soluzione è necessario solo il 5-10% dell'acqua totale utilizzata in coltivazioni in suolo con sistema irriguo tradizionale, a scorrimento superficiale.

Un altro possibile vantaggio di sostenibilità è la riduzione della pressione sul territorio (Cetegen e Stuber 2021), oltre che della degradazione del suolo, dato che le infrastrutture necessarie all'istallazione dei sistemi FS possono essere costruite su terreni intrinsecamente improduttivi, permettendo anche una maggiore intensificazione delle produzioni, come nel caso, ad esempio, delle coltivazioni su torri verticali (Gebreegziher 2023).

Nonostante il principio operativo sia sostanzialmente il medesimo, ovvero eliminare la componente suolo dalla coltivazione, la tecnica FS è stata realizzata in molteplici declinazioni, e una classificazione dei due differenti sistemi principali è necessaria (Incrocci, et al. 2022):

- Idroponico – Tecnica colturale in cui le piante crescono in una soluzione formata da acqua ed elementi nutritivi disciolti in essa. Possono essere utilizzati diversi medium per permettere l’ancoraggio delle radici e dare stabilità alla pianta, considerando però che in questo sistema la maggior parte dell’apparato radicale rimane scoperta e direttamente a contatto con la soluzione nutritiva. Il sistema può essere i) aperto, quando la soluzione nutritiva utilizzata drena dal supporto e viene eliminata, o ii) chiuso, quando la soluzione viene recuperata e rimessa in circolo nel sistema stesso (Mohapatra, et al. 2019).

Sono poi presenti alcuni sottogruppi: il più semplice e diffuso è il DWC (Deep Water Culture), dove le piante sono fissate a tavole di materiale galleggiante (plastico, prevalentemente); l’evoluzione di esso è l’NFT (Nutrient Film Technique), dove la soluzione è ridotta ad un sottile film che lambisce le radici, senza avere l’immersione completa in essa (Forchino, et al. 2017); essa può essere declinata anche sottoforma di torri verticali, con gocciolamento dall’alto e inserimento delle piante in supporti adeguati. Una variazione del sistema idroponico è infine la cosiddetta aeroponica, in cui le piante sono sospese su un supporto e la soluzione nutritiva, contenuta in un serbatoio a pompa, viene spruzzata sulle radici in modo automatico a intervalli regolari. Esso rappresenta il sistema decisamente più sofisticato tra quelli di coltivazione fuori suolo (Kratsch, Graves e Gladon 2006).

- Su substrato – Tecnica colturale in cui le radici sono ancorate ad un supporto di materiale organico, inorganico o sintetico, il quale deve garantire una percolazione adeguata della soluzione nutritiva, evitando ristagni o un flusso troppo rapidi (C. Maucieri, et al. 2018). Le caratteristiche più importanti da valutare per la sua scelta sono dunque, a prescindere dall’origine del materiale, la Water Holding Capacity (WHC), la Porosità e la Densità, data la loro influenza sulla velocità di passaggio e ritenzione della soluzione (Ragaveena, Shirley Edward e Surendran 2021). Esistono infine varie declinazioni di questa metodologia di cui la prerogativa principale è il mantenimento dell’apparato radicale all’interno del substrato scelto: le più diffuse sono sicuramente i sistemi in letto di coltura o bancale, in vaso e in sacco (Incrocci, et al. 2022).

La soluzione nutritiva può poi essere originata da materiali organici, oltre che dal classico dosaggio di minerali all’interno di acqua. Sono quindi nati due ulteriori tipologie di sistema colturale, considerati variazioni metodologiche dei precedenti:

- Acquaponico – Integrazione tra colture vegetali e piscicoltura, in cui le deiezioni prodotte dal metabolismo dei pesci e il loro scarto alimentare diventano fertilizzante per le piante. I due sub-sistemi di coltivazione acquaponica (vegetale e animale) possono essere accoppiati attraverso un unico circuito di scorrimento dell'acqua tra vasca dei pesci e vasca di coltivazione in maniera circolare, o disaccoppiati, dove il circuito di scorrimento dell'acqua dei pesci converge in quello delle colture vegetali, ma non viceversa. Questo secondo sistema è decisamente più semplice da gestire in caso siano necessari aggiustamenti nutritivi o interventi per combattere malattie o infestanti. Come specie ittiche si utilizzano essenzialmente Tilapia (*Oreochromis mossambicus* P.), Carpa (*Cyprinus carpio* L.) o Pesce gatto africano (*Clarias fcarepinus* B.), per la loro adattabilità ad alti livelli di nitrati e bassi livelli di ossigeno (Love, Uhl e Genello 2015) (Stouvenakers, et al. 2019) (Yep e Zheng 2019).
- Bioponico – Tecnica colturale in cui i nutrienti necessari alla crescita delle colture vegetali sono ricavati da substrati di origine animale o vegetale (normalmente materiali di scarto), tramite attività biologica di microorganismi presenti nel sistema od appositamente inoculati. L'organizzazione tipica di un sistema di questo genere è basata su una vasca di contenimento del substrato, percorsa da un flusso d'acqua che si arricchisce dei nutrienti rilasciati dal substrato e dove avviene già un primo processo aerobico o anaerobico ad opera dei microorganismi naturalmente presenti. Il flusso d'acqua passa dunque attraverso un filtro fisico, volto a trattenere i residui solidi, e ad un eventuale mineralizzatore batterico (solo se la digestione è aerobica), nel quale vengono inoculati microorganismi, grazie ai quali una quota più consistente dei nutrienti viene resa disponibile. Si arriva infine alla vasca o ai supporti di coltivazione, dove la soluzione nutritiva può essere assorbita ed assimilata dalle piante in coltura (Fang e Chung 2017).

4.1.1 I sistemi bioponici – la soluzione nutritiva

Le fonti

La soluzione nutritiva utilizzata per alimentare le colture in un sistema bioponico trae origine da diverse tipologie di materiale organico, normalmente scarti di lavorazione o produzione di materiale organico, che in base alla loro composizione, oltre che biodisponibilità dei suoi componenti, possono essere maggiormente adatti per promuovere la crescita vegetativa (dove l'elemento fondamentale è l'azoto) o la produzione di fiori e frutti (dove K, P e Ca sono maggiormente richiesti) (Szekely e Jijakli 2022). Le fonti di materiale organico maggiormente impiegate sono tre:

1) scarti agricoli, tra i quali deiezioni animali, scarti da macellazione, compost, vermicompost e residui vegetali;

- 2) scarti derivati da processi agroindustriali;
- 3) scarti derivati da rifiuti organici domestici.

(Shaji, Chandran e Mathew 2020)

Le deiezioni animali, in ambito agricolo, sono spesso la maggiore fonte utilizzata come concime, per gli alti livelli di N, P e K rilasciati in tempi brevi per la nutrizione vegetale. La composizione è dipendente dalla dieta dell'animale: se basata sui foraggi, il contenuto di minerali nelle deiezioni è minore rispetto a diete basate su concentrati, come quella di suini e avicoli. In queste ultime si rileva inoltre una più alta concentrazione di sostanze azotate, che rendono il rapporto C/N decisamente basso e la mineralizzazione generalmente più rapida, ideale dunque per i sistemi bioponici (Eghball, et al. 2002) (Da Silva, et al. 2020). L'azoto è contenuto per la maggior parte nelle urine (da 0,7-3,9% sulla sostanza secca per equini e ovini; fino a 7,5% per bovini, suini e avicoli), sotto forma di urea, mineralizzabile in ione ammonio (NH_4^+) grazie all'enzima ureasi, e in minor parte sotto forma di nitrato (NO_3^-). Per quanto riguarda il fosforo (da 0,1-2,7% sulla sostanza secca (SS) per equini, bovini e ovini; fino al 4,9% per suini e avicoli), più del 50% è presente in forma inorganica, con picchi del 90% per suini e avicoli; infine, il potassio è presente in concentrazioni tra lo 0,2% e il 7,8% della SS, con poche differenze tra specie diverse, e una biodisponibilità attorno al 100% (Eghball, et al. 2002). Sempre tra gli scarti agricoli, quelli di macellazione sono una buona fonte di minerali in forma inorganica, in particolare quelli a base di sangue sono particolarmente ricchi di N (12% sulla SS), quelli a base ossa, invece, abbondano di P (8,7-23,5% sulla SS), oltre che di Ca. Di minerali in forma inorganica sono ricchi anche compost e vermicompost, con però grande variabilità dovuta allo stato più o meno avanzato di compostaggio, materiale di origine e ossigenazione (Mikkelsen e Hartz 2008) (Da Silva, et al. 2020).

Nei residui vegetali si ha, invece, grande prevalenza di nutrienti in forma organica, oltre che di composti non degradabili come lignina o molecole similari. Il rapporto C/N è più alto rispetto agli scarti animali e al compost, richiedendo, infatti, lunghi periodi di degradazione e mineralizzazione per ottenere un buon rilascio di nutrienti. Infine, facendo una distinzione tra vegetali, va ricordato che le leguminose sono decisamente più ricche di N e P rispetto alle graminacee (Goss, Tubeileh e Goorahoo 2013).

Passando alla seconda categoria, quella degli scarti agroindustriali, essa comprende sottoprodotti come pannelli di estrazione di olii da seme, melasse e liquidi di estrazione amidacea, già in forma liquida o sottoforma di polvere, quindi semplici da utilizzare nei sistemi bioponici. I pannelli e i liquidi di estrazione amidacea rappresentano una buona fonte di N e P, seppur in maggioranza sotto forma organica, mentre le melasse sono una buona fonte di K. Risultati incoraggianti sono stati notati in

alcune prove condotte con il loro utilizzo per coltivazioni in sistemi bioponici (Shinohara, et al. 2011) (Phibunwatthanawong e Riddech 2019) (Kano, et al. 2021).

La terza categoria, infine, riguardante gli scarti domestici, denota una grandissima variabilità dovuta alla composizione e al livello di degradazione di essi. Come rapporto C/N si posizionano a metà tra i residui vegetali e le deiezioni animali; dopo essiccazione e macinazione possono essere adatti all'utilizzo nei sistemi bioponici (Kawamura-Aoyama, et al. 2014).

Le tecniche produttive

I differenti metodi utilizzati per la produzione di soluzioni nutritive bioponiche possono essere raggruppati in quattro categorie, afferenti al processo biochimico principale che esse mettono in gioco:

- 1) il metodo a infusione;
- 2) il metodo a degradazione aerobica;
- 3) il metodo a degradazione anaerobica;
- 4) il metodo misto, che comprende degradazione aerobica ed anaerobica.

(Szekely e Jijakli 2022)

Il metodo a infusione, il più antico di tutti, consiste nell'inserimento del materiale organico in un contenitore di materiale poroso, da immergere nell'acqua di soluzione per un periodo che va da poche ore a pochi giorni. Un'innovazione introdotta negli ultimi anni è stata quella di aggiungere l'ossigenazione tramite pompa, che non ha però variato molto i risultati finali nella soluzione nutritiva, caratterizzata da un rapido rilascio dei nutrienti facilmente solubili e da un basso livello di mineralizzazione ulteriore (Ingham 2005).

Il metodo a degradazione aerobica consiste nell'inserimento del materiale organico all'interno o di un reattore aerobico riempito di acqua e inoculato poi con microorganismi nitrificanti e mineralizzatori, o di un semplice contenitore in cui possa avvenire l'ossigenazione tramite pompa o agitazione. In questo secondo caso, l'acqua arricchita passerà attraverso un filtro fisico prima e poi un biofiltro inoculato con batteri nitrificanti e mineralizzatori. Per entrambe le tipologie, solo dopo il contatto con i batteri la soluzione viene indirizzata alla vasca dove sono posizionate le colture. Il risultato finale è una soluzione nutritiva con un alto livello di mineralizzazione e nitrificazione (Shinohara, et al. 2011).

Il metodo a degradazione anaerobica utilizza un reattore anaerobico, dove l'inserimento del materiale organico porta alla fermentazione da parte dei microorganismi naturalmente presenti in esso. Come produzione "collaterale" è presente il metano, che può essere utilizzato come combustibile, mentre la

mineralizzazione è paragonabile a quella ottenuta con il metodo della digestione aerobica (Albuquerque, de la Fuente e Bernal 2012).

È possibile infine combinare degradazione aerobica ed anaerobica, ottenendo alti livelli di mineralizzazione, nitrificazione, oltre che la produzione di metano.

4.1.2 I sistemi bioponici a confronto con il metodo idroponico

Soprattutto nell'ultimo decennio la ricerca è stata indirizzata al confronto tra sistemi bioponici ed idroponici, grazie ad alcuni vantaggi che la coltura bioponica evidenzia o potrebbe mostrare nell'ambito dei sistemi agricoli FS. In particolare, si possono citare: la possibilità di utilizzare scarti e sottoprodotti che altrimenti andrebbero persi (Lind, et al. 2021), la maggiore accessibilità per le aree più povere del pianeta (Chianu, Chianu e Mairura 2012) ed il minor impatto ambientale, che invece per l'estrazione e la produzione dei sali minerali di origine inorganica utilizzati nel metodo idroponico è di un certo rilievo (Basosi, et al. 2014). Sono, quindi, numerosi i tentativi per arrivare ad un sistema di coltivazione bioponica che possa essere considerato effettivamente vantaggioso anche nelle rese, oltre che per gli aspetti appena citati.

Szekely et al. (2022) in un progetto per lo sviluppo di un'agricoltura a basso livello tecnologico nei campi per rifugiati Sahwari, nel deserto del Sahara, hanno utilizzato due soluzioni, una derivata da pollina e da deiezioni di capra, a confronto con una soluzione convenzionale idroponica per la coltivazione di lattuga. La soluzione a base di pollina è risultata più ricca in nutrienti, soprattutto in azoto, rispetto a quella ottenuta dalle deiezioni caprine. Questa differenza è stata poi riscontrata anche nelle rese, dove i sistemi bioponici hanno mostrato rispettivamente una produzione pari al 70% (pollina) e al 50% (capra) in confronto all'idroponico.

Una prova simile è stata condotta da Tikasz et al. (2019), che hanno confrontato la pollina, oltre che con l'idroponica classica da soluzione Hoagland (Hoagland e Arnon 1950), anche con letame di vacca o deiezioni di tacchino, valutando poi anche l'impatto di diverse concentrazioni (10, 25, 50 g L⁻¹), per la produzione di lattuga (*Lactuca sativa* L., var. *longifolia*) e cavolo rosso riccio (*Brassica napus* L., var. Red Russian). Le rese sono risultate paragonabili, per entrambe le colture, tra la bioponica con deiezioni di tacchino (50 g L⁻¹) e l'idroponica, mentre le rese sono risultate inferiori per le bioponiche con letame di vacca o con pollina. Inoltre, la soluzione nutritiva con 50 g L⁻¹ di pollina ha portato a livelli molto elevati di NH₄⁺, tali da provocare la morte di tutte le piante, sia per la lattuga, sia per il cavolo riccio rosso.

Il letame di vacca è anche stato utilizzato per ottenere digestato separato liquido, tramite un impianto per la produzione di biogas, utilizzato poi per creare una soluzione bioponica per la coltivazione di pomodori (Mupambwa, et al. 2019). Il confronto con la soluzione idroponica è avvenuto tramite

sostituzione di essa con digestato al 20%, 40% e 60% rispettivamente: i risultati sono stati una diminuzione significativa del contenuto di clorofilla nelle foglie, oltre che una resa media di frutti (in peso fresco, media tra le tre diverse concentrazioni di digestato usato) inferiore del 64%. La conclusione inevitabilmente è stata quindi l'incapacità del digestato di sostenere la crescita di pomodori in coltura bioponica.

Sempre con digestato liquido, filtrato e diluito, questa volta ottenuto da impianto a biogas alimentato a residui vegetali da colture e industria alimentare, Lind et al. (2021) hanno messo a punto una soluzione nutritiva per la coltivazione del cavolo cinese (*Brassica rapa* L., subsp. *chinensis*). Il confronto con l'idroponico ha però mostrato risultati decisamente differenti rispetto allo studio precedente: nonostante la soluzione idroponica abbia indicato maggiore rapidità nella crescita della coltura, il cavolo cinese in coltivazione bioponica ha ottenuto rese simili, pur con un aumento del 20% nella durata del ciclo di coltivazione.

Un digestato misto, formato da acque reflue per la lavorazione del riso e liquami di vacca, è stato poi testato da Guruchandran et al. (2022), in sostituzione del 30% di una classica soluzione idroponica (Hoagland e Arnon 1950), con aerazione e controllo del pH in un caso e con l'aggiunta anche di un biofiltro nell'altro, su 5 diverse varietà di colture da foglia. Nonostante per entrambi i sistemi siano evidenti rese inferiori rispetto alla coltivazione con sistema idroponico, l'aggiunta del biofiltro si è rivelata di una certa importanza, dato che la conversione ammoniacale è salita del 48% e la resa media risultata quasi duplicata rispetto al sistema bioponica con solo aerazione e controllo del pH.

Infine, una fonte ancora differente per una soluzione bioponica, gli scarti di cibo, è stata confrontata da Kawamura-Aoyama et al. (2014) con l'idroponica per la coltivazione della lattuga (*Lactuca sativa* L., var. *capitata*). Le rese sono risultate molto simili, nonostante una considerazione la meriti anche il tempo lungo (2 mesi) necessario alla formazione degli ioni nitrato nella soluzione bioponica, inconveniente che la soluzione idroponica ovviamente non presenta.

4.2 Scopo dello studio

Lo scopo dello studio, all'interno del Progetto C3S (Produzione di Cibo Appropriato: Sufficiente, Sicuro, Sostenibile) dell'Università Cattolica del Sacro Cuore (Piacenza), il quale si occupa di sviluppo agricolo, nutrizionale e socioeconomico nei Paesi a Basso Reddito (PBR), è stato il confronto tra un sistema di coltivazione idroponica e un sistema di coltivazione bioponica con utilizzo di scarti vegetali e pollina come fonte organica, gradualmente mineralizzata da un filtro batterico integrato nel sistema per produrre la soluzione nutritiva. La prova ha previsto inoltre un confronto fra due sistemi di coltivazione: i) a torre con substrato e ii) su piattaforme in Deep Water Culture. Tali comparazioni sono volte a dimostrare una presunta assimilabilità tra coltivazione idroponica e coltivazione bioponica per quanto riguarda resa e composizione chimica delle varietà considerate, oltre che comprendere quale sistema tra coltivazione su torre in verticale e coltivazione su vasca in orizzontale sia in grado di produrre piante migliori in termini di qualità e quantità.

Le colture orticole testate sono state: basilico (*Ocimum basilicum* L., var. Italiano Classico), catalogna (*Chycorium intibus* L., var. *foliosum*) e lattuga (*Lactuca sativa* L., var. *secalina*): di esse si è valutata la resa in peso fresco e secco, con anche la composizione dei nutrienti principali (N, P, K). È stato poi effettuato un confronto economico tra i due sistemi, per valutarne la convenienza produttiva. Un ultimo scopo della ricerca è stato quello di valutare se i sistemi bioponici qui testati possano essere una prospettiva futura, con le opportune semplificazioni e gli adeguati adattamenti al contesto, per l'intensificazione produttiva delle orticole nelle zone rurali dei PBR, indispensabile per destinarne la produzione non solo all'autoconsumo, ma anche ad una eventuale vendita sui mercati locali. Tale eventualità, infatti, potrebbe costituire un primo gradino verso l'uscita dalla povertà sistemica di tantissime aree rurali di tutto il mondo, grazie al superamento della cosiddetta agricoltura di sussistenza.

4.3 Materiali e metodi

4.3.1 Descrizione del contesto e del sistema di coltivazione fuori suolo

La prova sperimentale sul fuori suolo è stata condotta nella serra, con sistema di ombreggiamento, dell'azienda agricola Agriponos SRL, situata a Camisano (Cascina Ravezza, 2), Cremona, in Italia. Lo studio sul confronto fra sistemi di coltivazione FS si è composto di 2 cicli produttivi: a) Aprile – Maggio 2024; b) Giugno – Luglio 2024.

Il sistema di coltivazione FS nella serra sperimentale è composto da quattro elementi, interconnessi tra loro in un sistema chiuso tramite flusso di acqua:

1. Una vasca che funge da biodigestore (Fig. 4.1), riempita nella parte più bassa con argilla espansa dove vengono posti gli scarti di origine vegetale. La superficie è in condizioni di aerobiosi, come testimoniato dalla presenza di lombrichi, mentre il fondo è in condizioni limite tra aerobiosi ed anaerobiosi. La vasca è dotata di ugelli soprastanti, che irrigano il materiale, e di un tubo di drenaggio, che funge da passaggio del sistema verso il filtro meccanico e il biofiltro.
2. Un mineralizzatore batterico (preceduto da un filtro meccanico SuperBead – Air-Aqua BV), in cui sono stati inoculati i batteri aerobi (un cucchiaino da 25 mL di Biota Complete ® - *Bacillus subtilis*, *Bacillus spec*, PSB, Actomycetes, *Lactobacillus*, funghi – NaturalAquatic, con percentuali non dichiarate in etichetta) capaci di mineralizzare i nutrienti del substrato, che verranno trasportati grazie al flusso d'acqua dal biodigestore alle vasche/torri di coltivazione. Il mineralizzatore è costituito da cilindri forati in ceramica (Fig. 4.2), utili alla colonizzazione e al mantenimento dell'aerobiosi; in esso avvengono la moltiplicazione dei batteri e la mineralizzazione della sostanza organica.
3. Una vasca di coltivazione (10000 L) dove vengono posizionati i pianali galleggianti (Hydro Adulte - Plastic Box s.r.l) per le piante (Fig. 4.3), secondo la metodologia DWC. I pianali permettono di mantenere la pianta leggermente sopraelevata rispetto all'acqua al fine di garantirne un buon livello di respirazione.
4. Alternativamente, al precedente, viene installato un sistema di torri (Fig. 4.4) con scheletro metallico riempito di substrato sintetico (Tower Substrate Culture: TSC), dove le colture sono trapiantate e coltivate in verticale.



Figura 4.1: vasca biodigestore



Figura 4.2: cilindri di ceramica utilizzati nel biofiltro



Figura 4.3: pianali galleggianti in vasca per la coltura in DWC.



Figura 4.4: torri per la coltivazione verticale su substrato (TSC).

Nella figura 4.5 viene schematizzato il funzionamento dell'unità di base per la coltivazione FS, con i collegamenti dei flussi d'acqua (i quali possono essere chiusi a piacimento, per escludere, se necessario, alcune parti del sistema). Nel metodo di coltivazione bioponico, l'unità di sistema è stata utilizzata in ogni sua parte, per il metodo idroponico, invece, sono stati esclusi dai flussi i filtri e la vasca biodigestore.

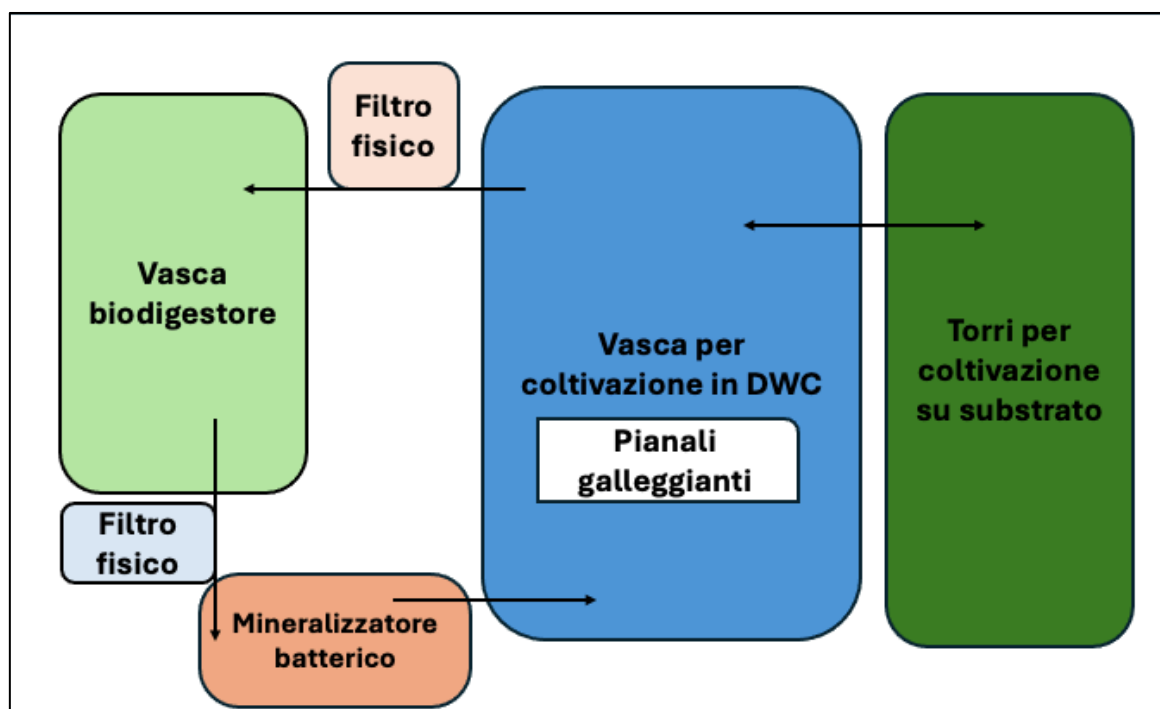


Figura 4.5: unità di sistema per la coltivazione fuori suolo, le frecce indicano i flussi di scorrimento dell'acqua.

4.3.2 Soluzioni nutritive

Dopo aver effettuato un'analisi sull'acqua in ingresso (derivata da prelievo di falda a 4 m di profondità), per il sistema idroponico è stata creata una ricetta integrativa unica dei nutrienti necessari alla coltivazione delle tre colture da foglia, tramite il software Sol – Nutri (DiSAAA - Università di Pisa 2009). Essa è stata poi inserita direttamente in vasca di coltivazione dopo una fase di premiscelazione.

Nelle seguenti tabelle (4.1 e 4.2) sono presenti le analisi dell'acqua di pozzo e la ricetta nutritiva utilizzata per ognuna delle due prove.

Tabella 4.1: composizione analitica dell'acqua di pozzo (mg L⁻¹) (uScm⁻¹)

pH	Ec	HCO ₃ ⁻	N-NO ₃	N-NH ₄	P/H ₂ PO ₄	Ca	Mg	Na
	uScm ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹
7,3	819	381	<0,10	0,08	1,4	121,59	21,1	9,87
S-SO ₄	Cl	Fe	B	Cu	Zn	Mn	Mo	
mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	
40,6	25,2	n.d.	0,041	0,003	0,025	n.d.	n.d.	

n.d. = non disponibile

Tabella 4.2: ricetta integrativa utilizzata, prezzi unitari dei componenti e costo totale della soluzione nutritiva (10 m³ di soluzione)

kg	€/kg	Quantità usata per 10 m ³ di acqua	Costo totale per la soluzione nutritiva (€)
Nitrato di calcio	0,73	2,34	1,71
Nitrato ammonico	0,65	1,02	0,66
Nitrato di potassio	1,45	1,47	2,13
Solfato di potassio	0,65	4,03	2,62
Solfato di magnesio	2,7	0,26	0,7
Fosfato monopotassico	1,5	2,37	3,56
g	€ kg ⁻¹		
Ferro chelato EDTA	13	319,36	4,15
Borato di sodio	12	19	0,23
Rame chelato EDTA	67,1	3,14	0,21
Zinco chelato EDTA	19,25	16,03	0,31
Manganese chelato	19,25	13,55	0,26
Molibdato di sodio	19,24	2,19	0,04
L	€ L ⁻¹		
Acido nitrico	1,55	2,53	3,92
Costo totale	€		20,5

Per il sistema bioponico la soluzione nutritiva è stata ottenuta attraverso l'unione di due componenti: scarto vegetale sottoposto a trattamento prima anaerobico (in vasca digestore) e poi aerobico (nel biofiltro) e pollina macinata (da pellet: Pollinamatura®, Terrepadane, 0,275 €/kg) aggiunta direttamente in vasca in quantitativi giornalieri variabili da 0,8 a 1,5 kg (seguendo l'evoluzione della conduttività durante la prova): in totale, 80,5 kg di prodotto t.q. per il primo ciclo di coltivazione, 46

kg totali per il secondo. L'utilizzo dei componenti è stato, anche in questo caso, dosato di volta in volta seguendo le indicazioni del software Sol – Nutri (DiSAAA - Università di Pisa 2009) in base alle analisi giornaliere delle acque

Di seguito (Tab. 4.3) la composizione analitica media dello scarto vegetale e della pollina.

Tabella 4.3: composizione chimica media di sfalcio vegetale e pollina (Pollinamatura®, Consorzio Agrario Terrepadane)

	u.d.m	Sfalcio vegetale	Pollina
SS (105°C)	(% su SS)	93,6	86,5
Proteine		18,5	14,1
Lipidi		1,9	0,7
Ceneri	(% su SS)	17,9	59,4
NDF		43,4	23,3
Ca		2,1	12,3
Na		0,3	0,6
Mg	(% su SS)	0,6	2,5
K		3,5	2,1
Fe		728,0	3666,4
Mn		72,5	326,5
Cu		10,1	60,5
Zn	(mg kg ⁻¹ su SS)	60,4	224,5
B		28,7	36,8
Mo		2,5	4,8

4.3.4 Disegno sperimentale

Il disegno sperimentale è uno split-plot con tre repliche, rappresentato da un trattamento principale messo a confronto con due sistemi di coltivazione FS:

- Tesi 1 (Idroponico): coltivazione idroponica con utilizzo di soluzione nutritiva minerale sciolta direttamente nell'acqua (I), utilizzata come controllo
- Tesi 2 (Bioponico): coltivazione bioponica a base di digestato vegetale e pollina macinata (B).

Il trattamento secondario è rappresentato dai due moduli di coltivazione:

- Sottotesi 1: coltivazione in torre su substrato (TSC)
- Sottotesi 2: coltivazione in vasca su pianale galleggiante (DWC).

Il disegno sperimentale è stato applicato a tre colture orticole:

- Basilico (*Ocimum basilicum* L., var. Italiano Classico)
- Catalogna (*Chycorium intibus* L., var. *foliosum*)
- Lattuga (*Lactuca sativa* L., var. *secalina*)

Le plantule dei tre ortaggi sono state acquistate dal vivaio già pronte per essere trapiantate nei supporti; lo stadio delle plantule al trapianto era di tre foglie per lattuga e catalogna, di dieci foglie per il basilico.

Per il basilico, sono state trapiantate 60 plantule su 10 torri con substrato (6 piante per torre), e 30 piante su pianali galleggianti, 10 per settore replicato in cui è stata divisa la vasca.

Per la catalogna, sono state trapiantate 40 plantule su 10 torri con substrato (4 piante per torre), e 21 piante su pianali galleggianti, 7 per settore replicato in cui è stata divisa la vasca.

Per la lattuga, sono state trapiantate 50 plantule su 10 torri con substrato (5 piante per torre), e 21 piante su pianali galleggianti, 7 per settore replicato in cui è stata divisa la vasca.

Nelle figure 4.6 e 4.7 è presentato uno schema illustrativo del disegno sperimentale seguito.

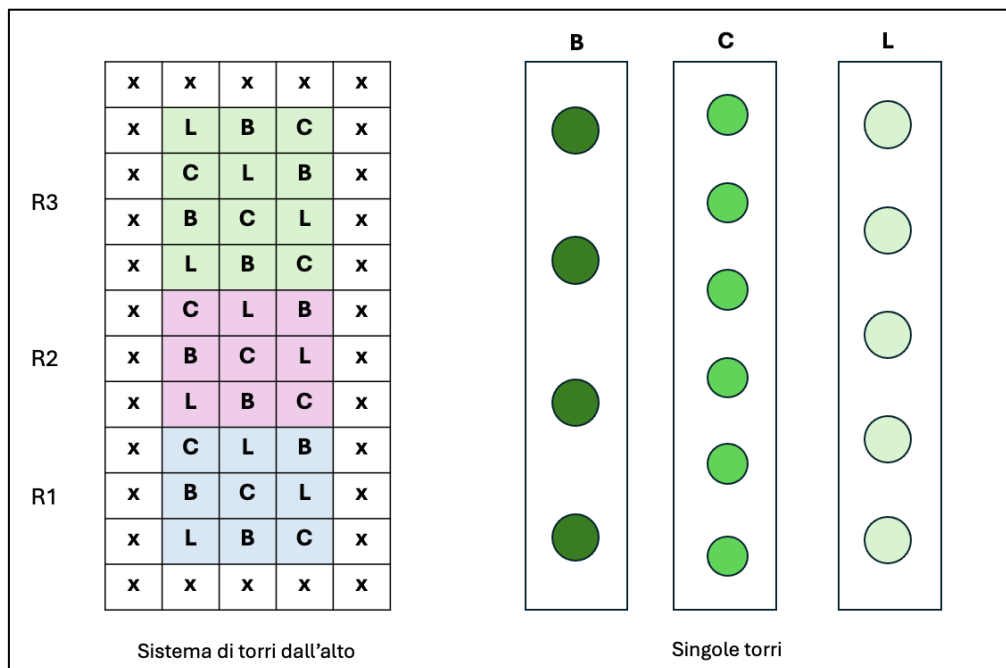


Figura 4.6: disegno sperimentale per la coltivazione su torri con substrato; suddivisione delle piante su singola torre; R1, R2, R3: replicato 1, 2, 3; B: basilico, C: catalogna, L: lattuga; X = riempitivo, per evitare l'effetto bordo.

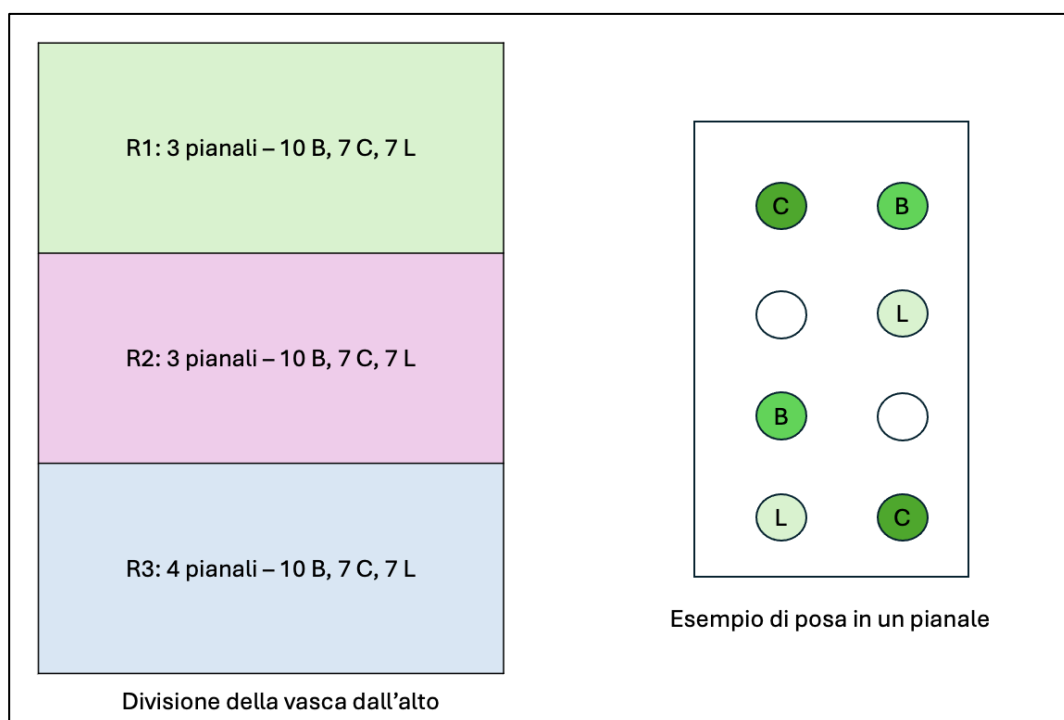


Figura 4.7: disegno sperimentale per la coltivazione su pianali galleggianti; suddivisione tipo su pianale galleggiante; R1, R2, R3: replicato 1, 2, 3; B: basilico, C: catalogna L: lattuga.

4.3.5 Campionamento e metodologie di analisi

Per ognuna delle tre colture da foglia la raccolta è avvenuta tutta insieme, al raggiungimento del corretto livello di maturità per la maggior parte delle piante. Il numero di piante costituenti il campione rappresentativo è variato per ogni orticola: 6 per il basilico, 4 per la catalogna, 5 per la lattuga. Alla raccolta, ogni pianta è stata pesata immediatamente e dopo essiccazione in stufa ventilata a 65 °C per 120 h, per ottenere il peso secco. Sulla biomassa secca sono stati analizzati i contenuti di N, P, e K, seguendo i metodi ufficiali (DM 13/09/1999 SO n. 185 GU n. 248 21/10/1999 Met. VII.1 per N; EPA3050B:1996 + EPA6010D:2018 per P e K).

Gli stessi metodi, EPA3050B:1996 + EPA6010D:2018, sono stati utilizzati per valutare la presenza di minerali nello sfalcio vegetale e nella pollina utilizzati per il sistema nutritivo bioponico; per i macronutrienti si sono utilizzati invece i metodi ufficiali AOAC: 990.03 per le proteine, 920.39 per l'estratto etero (lipidi), 942.05 per le ceneri e ANKOM Technology Method 13 (Van Soest, Robertson e Lewis 1991) per la fibra NDF.

Per le acque, le analisi di inizio, metà e fine ciclo sono state effettuate con metodo UNI EN ISO 11885:2009 per i minerali (Ca, Mg, K, Na, Fe), mentre IRSA CNR 4020-A1-Man 29 2003 è stato utilizzato per NO₃, NO₂, Cl⁻, N-NO₂, IRSA CNR 4040-A1-Man 29 2003 per F⁻, SO₄⁻, PO₄⁻, IRSA CNR 4030-A1-Man 29 2003 per NH₄⁺, APAT CNR IRSA 4020 Man 29 2003 per N-NO₃, APAT

CNR IRSA 2090 A Man 29 2003 per Solidi Totali e Solidi Sospesi, IRSA CNR 2060-Man 29 2003 per il pH e UNI EN 27888-1993 per la conducibilità. Il monitoraggio rapido di conducibilità, pH e T(°C) dell'acqua durante il ciclo è stato effettuato infine tramite lo strumento “Tester Combo ® – HI98129, Hanna Instruments”.

4.3.6 Metodologie per l'analisi statistica

Le analisi statistiche sono state condotte tramite l'utilizzo del software R nella versione 4.0.5 (R Core 2020). La significatività dell'effetto del sistema di coltivazione FS (B o I), del metodo di coltivazione (DWC o TSC), oltre che della loro interazione, su resa fresca, resa secca, percentuale di sostanza secca, concentrazione di N, P e K sulle colture testate è stata valutata tramite analisi della varianza (ANOVA), con $p\text{-value} < 0,05$. Per fare questo si è utilizzato un modello lineare ad effetto misto, utilizzando il pacchetto “nlme” (Pinheiro, Bates e R-Core 2021), con i replicati come fattore random. I dati, prima di essere analizzati, sono stati controllati per normalità (normal QQ-plot e test di Shapiro-Wilk's) e omogeneità delle varianze (test di Levene). Quando necessario, i dati sono stati trasformati per avere i requisiti assuntivi di normalità e omoschedasticità. Le differenze significative tra le medie dei vari trattamenti sono state ulteriormente distinte tramite il test HSD di Tukey ($p < 0,05$), con l'utilizzo del pacchetto “multcomp” (Hothorn, Bretz e Westfall 2008).

Infine, per il confronto tra le medie nei campioni di acqua tra i sistemi si è utilizzato il test t di Student.

4.4 Risultati

4.4.1 Primo ciclo produttivo (Aprile – Maggio 2024)

Di seguito sono riportati i risultati ottenuti dall'analisi e dal confronto delle due soluzioni nutritive, bioponica (B) ed idroponica (I), oltre che i risultati relativi a rese e principali componenti nutritive delle tre orticole coltivate secondo le due tipologie di coltivazione fuori suolo, in Deep Water Culture (DWC) o Tower Substrate Culture (TSC).

Acque

Tabella 4.4: Analisi chimico-fisica delle soluzioni nutritive utilizzate nei sistemi di coltivazione bioponico (B) e idroponico (I) durante il corso della prova

Tesi	NH ₄ mg L ⁻¹	N-NO ₃ mg L ⁻¹	Ca mg L ⁻¹	Fe ug L ⁻¹	Mg mg L ⁻¹	NO ₃ mg L ⁻¹	K mg L ⁻¹	Na mg L ⁻¹	pH (25°C) unità di pH
B	0,1	9,7 b	80,0	368,7 b	26,9	43,1 b	72,0 b	99,0	8,0
I	0,1	89,8 a	113,0	709,7 a	21,8	397,0 a	195,0 a	52,4	7,0
p-value	1,000	0,005	0,079	0,032	0,897	0,005	0,018	0,996	0,982

Tesi	Conduc. (25° C) μS cm ⁻¹	N-NO ₂ mg L ⁻¹	NO ₂ mg L ⁻¹	F mg L ⁻¹	Cl mg L ⁻¹	SO ₄ mg L ⁻¹	PO ₄ mg L ⁻¹	Solidi tot. mg L ⁻¹	Solidi Sosp. mg L ⁻¹
B	1134,3	0,3	1,0	0,5	40,6	84,6 b	14,6	959,3	0,03
I	1669,0	3,3	10,9	0,5	39,3	231 a	57,0	1306,3	0,02
p-value	0,052	0,202	0,202	1,000	0,584	0,009	0,086	0,122	0,835

medie seguite dalle stesse lettere non sono risultate significativamente differenti al test t di Student ($\alpha = 0,05$)

L'analisi delle soluzioni nutritive B e I (Tab. 4.4) mostra nette differenze in diversi componenti. La significatività è infatti presente confrontando i valori di azoto nitrico (N-NO₃), dove I supera di quasi dieci volte il valore di B, oltre che i valori di Fe, NO₃, K, Conducibilità elettrica e solfati (SO₄). Non sono invece presenti differenze rilevati per quanto riguarda i valori di NH₄, Ca, Mg, Na, pH, azoto nitroso (N-NO₂), NO₂, F, Cl, fosfati (PO₄), solidi totali e solidi sospesi.

Rese e componenti nutritive delle orticole

Basilico

Tabella 4.5: Valutazione e confronto di resa e principali componenti nutritive su basilico coltivato con soluzione bioponica (B) e idroponica (I) in Deep Water Culture (DWC) e Tower Substrate Culture (TSC)

<i>Basilico</i>								
	Sol. nutr.	Sist. colt.	Peso fresco (g pianta)	Peso secco (g pianta)	SS (%)	N (% su SS)	P (% su SS)	K (% su SS)
Soluzione nutritiva	B		55,30 b	5,08	9,69	3,27	0,47 b	5,83 b
	I		114,95 a	8,56	9,20	4,95	0,70 a	7,52 a
	Media		85,13	6,82	9,45	4,11	0,59	6,68
<i>p-value</i>			0,009	0,16	0,691	0,063	0,011	0,007
Sistema di coltivazione		DWC	76,24 b	5,17	9,76	4,19	0,58	6,33 b
		TSC	94,01 a	8,47	9,14	4,03	0,59	7,02 a
<i>p-value</i>			0,026	0,10	0,59	0,522	0,522	0,008
Soluzione nutritiva	B	DWC	40,32	3,63	10,09	3,48	0,47	5,03 b
		TSC	70,27	6,53	9,28	3,06	0,46	6,62 a
x	I	DWC	112,15	6,72	9,42	4,90	0,68	7,62 a
Sistema di coltivazione		TSC	117,75	10,41	8,99	5,00	0,71	7,42 a
<i>p-value</i>			0,077	0,811	0,866	0,322	0,264	0,003

Medie seguite dalle stesse lettere non sono risultate significativamente differenti al test di Tukey HSD ($\alpha = 0.05$)

In tabella 4.5, nel confronto tra basilico coltivato in soluzione B e soluzione I, si è potuta notare una netta differenza sulla resa fresca: I ha infatti mostrato un peso fresco per pianta doppio rispetto a B. La significatività non è invece presente sul peso secco per pianta, SS e N, mentre si ritrova nel confronto tra valori di P e K, sempre a favore di I.

Il confronto tra i due sistemi di coltivazione utilizzati mette in mostra una differenza significativa, con una maggiore resa per pianta di TSC rispetto a DWC. Non sono rilevanti però le differenze su peso secco per pianta, SS, N e P, mentre per K si nota un valore significativamente superiore nel basilico TSC.

Infine, mettendo in interazione i due fattori, soluzione nutritiva e sistema di coltivazione, non si notano differenze significative per quanto riguarda resa fresca e secca per pianta, SS, N e P. L'unica significatività si ha nel valore di K, per il basilico B-DWC, che risulta significativamente inferiore.

Valutazione qualitativa:

Sul prodotto fresco è stato possibile notare una differenza di colore tra la tesi B (Fig. 4.8) ed I (Fig. 4.9), con la prima che mostra un verde fogliare molto chiaro, più scuro solamente sulle nervature.



Figura 4.8: basilico bioponico alla raccolta (42 giorni dal trapianto)



Figura 4.9: basilico idroponico alla raccolta (42 giorni dal trapianto)

Catalogna

Tabella 4.6: Valutazione e confronto di resa e principali componenti nutritive su catalogna coltivata con soluzione bioponica (B) e idroponica (I) in Deep Water Culture (DWC) e Tower Substrate Culture (TSC)

<i>Catalogna</i>								
	Sol. nutr.	Sist. colt.	Peso fresco (g pianta)	Peso secco (g pianta)	SS (%)	N (% su SS)	P (% su SS)	K (% su SS)
Soluzione nutritiva	B		325,27 b	19,79	6,14	3,80	0,63	8,77
	I		544,81 a	32,42	5,87	4,38	0,80	10,47
	Media		435,04	26,11	6,01	4,09	0,72	9,62
<i>p</i>-value			0,041	0,068	0,543	0,077	0,133	0,151
Sistema di coltivazione		DWC	434,63	28,14	6,44	4,13	0,72	8,96
		TSC	435,44	24,07	5,57	4,05	0,70	10,28
<i>p</i>-value			0,982	0,273	0,072	0,426	0,684	0,151
Soluzione nutritiva x Sistema di coltivazione	B	DWC	293,14	18,65	6,37	3,94	0,70	8,27
		TSC	357,39	20,93	5,90	3,65	0,55	9,26
	I	DWC	576,12	37,64	6,51	4,32	0,74	9,64
		TSC	513,49	27,20	5,23	4,44	0,85	11,29
<i>p</i>-value			0,139	0,119	0,324	0,097	0,100	0,680

Medie seguite dalle stesse lettere non sono risultate significativamente differenti al test di Tukey HSD ($\alpha = 0,05$)

Nella tabella 4.6 il confronto tra la catalogna B e la catalogna I (Tab. 4.6) indica che la seconda ha una resa fresca per pianta significativamente superiore, mentre non sono presenti differenze significative a riguardo di peso secco per pianta, SS, N, P e K.

Il confronto tra i due sistemi di coltivazione DWC e TSC non mostra differenze significative per nessuno dei parametri considerati: peso fresco e secco per pianta, SS, N, P e K.

Allo stesso modo, mettendo in interazione il fattore soluzione nutritiva e il fattore sistema di coltivazione non si notano differenze significative considerando peso fresco e secco per pianta, SS, N, P e K.

Valutazione qualitativa:

Sul prodotto fresco, così come nel basilico, si è notata una differenza di colore tra la tesi B ed I, con la prima che mostra un verde fogliare molto chiaro, più scuro solamente sulle nervature (Fig. 4.10), rispetto alla seconda (Fig. 4.11).



Figura 4.10: catalogna bioaponica alla raccolta (45 giorni dal trapianto)



Figura 4.11: catalogna idroponica alla raccolta (45 giorni dal trapianto)

Lattuga

Tabella 4.7: Valutazione e confronto di resa e principali componenti nutritive su lattuga coltivata con soluzione bioponica (B) e idroponica (I) in Deep Water Culture (DWC) e Tower Substrate Culture (TSC)

<i>Lattuga</i>								
	Sol. nutr.	Sist. colt.	Peso fresco (g pianta)	Peso secco (g pianta)	SS (%)	N (% su SS)	P (% su SS)	K (% su SS)
Soluzione nutritiva	B		225,33 b	5,73	2,56	4,56	0,87	8,56
	I		344,67 a	9,28	2,62	4,74	1,02	10,97
	Media		285	7,51	2,59	4,65	0,95	9,77
<i>p-value</i>			0,030	0,099	0,847	0,537	0,117	0,052
Sistema di coltivazione		DWC	269,33 b	7,66	2,70	5,07 a	0,93	9,01
		TSC	300,67 a	7,35	2,47	4,23 b	0,96	10,53
<i>p-value</i>			0,037	0,678	0,462	0,028	0,668	0,057
Soluzione nutritiva	B	DWC	217,33	5,63	2,62	4,75	0,87	7,75
		TSC	233,33	5,83	2,50	4,36	0,86	9,38
x	I	DWC	321,33	9,69	2,79	5,39	0,99	10,27
Sistema di coltivazione		TSC	368,00	8,88	2,45	4,10	1,05	11,68
<i>p-value</i>			0,206	0,500	0,719	0,144	0,560	0,857

Medie seguite dalle stesse lettere non sono risultate significativamente differenti al test di Tukey HSD ($\alpha = 0,05$)

La terza coltura valutata nel nostro studio, la lattuga (Tab. 4.7), mostra una resa fresca per pianta in B significativamente inferiore a quella in I, sebbene la differenza riscontrata sia inferiore rispetto a quella presente nelle altre colture (-35% vs -52% nel basilico e -40% nella catalogna). Differenze significative non sono poi presenti per quanto riguarda il peso secco per pianta, la SS, N, P e K.

Il confronto tra i due sistemi di coltivazione utilizzati, DWC e TSC, mostra anch'esso una differenza sulla resa fresca per pianta, a favore di DWC. Non si hanno poi differenze significative nel peso secco per pianta, SS, mentre si ritrova, sempre a favore di DWC sui valori di N.

Infine, mettendo in interazione i fattori soluzione nutritiva e sistema di coltivazione, non si notano differenze significative considerando peso fresco e secco per pianta, SS, N, P e K.

Valutazione qualitativa:

Sul prodotto fresco, così come per le altre due orticole considerate, si è notata una differenza di colore netta, con la lattuga B (Fig. 4.12) che mostra un verde molto più chiaro rispetto alla lattuga I (Fig. 4.13).

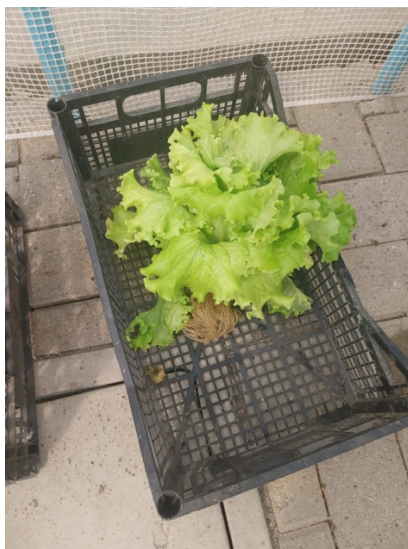


Figura 4.12: lattuga bioponica alla raccolta (32 giorni dal trapianto)



Figura 4.13: lattuga idroponica alla raccolta (32 giorni dal trapianto)

4.4.2 Secondo ciclo produttivo (Giugno – Luglio 2024)

Di seguito sono riportati i risultati ottenuti dall'analisi e dal confronto delle due soluzioni nutritive, bioponica (B) ed idroponica (I), oltre che i risultati relativi a rese e principali componenti nutritive delle tre orticole coltivate secondo le due tipologie di coltivazione fuori suolo, in Deep Water Culture (DWC) o Tower Substrate Culture (TSC).

Acque

Tabella 4.8: Analisi chimico-fisica delle soluzioni nutritive utilizzate nei sistemi di coltivazione bioponica (B) e idroponica (I) durante il corso della prova

Tesi	NH ₄ mg L ⁻¹	N-NO ₃ mg L ⁻¹	Ca mg L ⁻¹	Fe mg L ⁻¹	Mg mg L ⁻¹	NO ₃ mg L ⁻¹	K mg L ⁻¹	Na mg L ⁻¹	pH (25°C) unità di pH
B	0,10	12,10 b	89,30 b	58,70 b	38,30	53,30 b	146,30 b	149,30	8,60
I	0,10	189,00 a	165,30 a	1180,00 a	23,80	836,70 a	377,00 a	87,70	5,40
p-value	1,000	<0,0001	0,0029	0,0031	0,9989	<0,0001	0,0006	0,9992	0,9771

Tesi	Conduc. (25°C) μS cm ⁻¹	N-NO ₂ mg L ⁻¹	NO ₂ mg L ⁻¹	F mg L ⁻¹	Cl mg L ⁻¹	SO ₄ mg L ⁻¹	PO ₄ mg L ⁻¹	Solidi tot. mg L ⁻¹	Solidi Sosp. mg L ⁻¹
B	1563,30 b	<0,08	<0,03	<0,05	63,10	125,70 b	16,10 b	1171,70 b	0,01
I	2776,70 a	<0,08	<0,03	<0,05	23,40	421,30 a	161,00 a	2298,70 a	0,01
p-value	0,0008	1,000	1,000	1,000	0,9933	0,0001	0,0172	0,0001	1,000

Medie seguite dalle stesse lettere non sono risultate significativamente differenti al test t di Student ($\alpha = 0,05$)

L'analisi delle soluzioni nutritive B e I (Tab. 4.8) mostra nette differenze in diversi componenti. La significatività è infatti presente confrontando i valori di azoto nitrico (N-NO₃), dove I supera di più di quindici volte il valore di B, oltre che i valori di Ca, Fe (I venti volte superiore a B), NO₃, K, Conducibilità elettrica (I +78% rispetto a B), solfati (SO₄), fosfati (PO₄) e solidi totali. Non sono invece presenti differenze rilevati per quanto riguarda i valori di NH₄, Mg, Na, pH, azoto nitroso (N-NO₂), NO₂, F, Cl e solidi sospesi.

Rese e componenti nutritive delle orticole

Basilico

Tabella 4.9: Valutazione e confronto di resa e principali componenti nutritive su basilico coltivato con soluzione bioponica (B) e idroponica (I) in Deep Water Culture (DWC) e Tower Substrate Culture (TSC)

<i>Basilico</i>								
	Sol. nutr.	Sist. colt.	Peso fresco (g pianta)	Peso secco (g pianta)	SS (%)	N (% su SS)	P (% su SS)	K (% su SS)
Soluzione nutritiva	B		36,57	3,50	9,56	7,80	0,32 b	2,70
	I		65,28	6,54	9,98	7,60	0,84 a	3,84
	Media		50,93	5,02	9,77	7,70	0,58	3,27
p-value			0,0561	0,0513	0,1930	0,6122	0,0040	0,0586
Sistema di coltivazione		DWC	58,31 b	5,80 b	9,88	7,50	0,54	3,13
		TSC	43,54 a	4,24 a	9,66	7,90	0,62	3,41
p-value			0,0005	0,0018	0,3197	0,2996	0,0711	0,3879
Soluzione nutritiva	B	DWC	43,53	4,19	9,63	7,67	0,28	2,82
		TSC	29,60	2,81	9,49	7,93	0,35	2,58
x	I	DWC	73,08	7,41	10,12	7,33	0,80	3,44
Sistema di coltivazione		TSC	57,48	5,67	9,83	7,87	0,89	4,23
p-value			0,5837	0,4543	0,7085	0,7117	0,8884	0,1458

Medie seguite dalle stesse lettere non sono risultate significativamente differenti al test di Tukey HSD ($\alpha = 0,05$)

Nella tabella 4.9 il confronto tra la resa fresca per pianta, tra basilico B e basilico I, non ha mostrato una differenza significativa, così come il peso secco per pianta, la SS ed N. Si ha invece un contenuto significativamente maggiore in I per quanto riguarda P, mentre non si ha differenza considerando il valore di K.

La valutazione dei due diversi sistemi nutritivi ha portato, invece, a una netta differenza sul peso fresco e secco per pianta, a favore del sistema DWC. Rispetto alla SS, oltre che per i valori N, P e K i due sistemi non hanno invece prodotto alcuna significatività.

Mettendo infine in interazione i due fattori, soluzione nutritiva e sistema di coltivazione, non si notano differenze considerando ognuno dei parametri valutati: peso fresco e secco per pianta, SS, N, P e K.

Valutazione qualitativa:

Sul prodotto fresco si è notata una differenza di colore netta tra B ed I, con il basilico B (fig. 4.14) visibilmente più chiaro e tenue rispetto a quello I. Si possono poi notare infiorescenze in entrambe le tesi (fig. 4.15).



Figura 4.14: basilico bioponico alla raccolta (33 giorni dal trapianto)



Figura 4.15: basilico idroponico alla raccolta (33 giorni dal trapianto), con visibili infiorescenze

Catalogna

Tabella 4.10: Valutazione e confronto di resa e principali componenti nutritive su catalogna coltivata con soluzione bioponica (B) e idroponica (I) in Deep Water Culture (DWC) e Tower Substrate Culture (TSC)

<i>Catalogna</i>								
	Sol. nutr.	Sist. colt.	Peso fresco (g pianta)	Peso secco (g pianta)	SS (%)	N (% su SS)	P (% su SS)	K (% su SS)
Soluzione nutritiva	B		49,33	5,53	11,04	9,88	0,26 b	2,61 b
	I		133,88	12,83	11,42	9,60	0,73 a	4,94 a
	Media		91,62	9,18	11,23	9,74	0,49	3,78
p-value			0,136	0,061	0,871	0,387	0,009	0,005
Sistema di coltivazione		DWC	111,28	10,80	10,44	9,98	0,45	3,72
		TSC	71,94	7,56	12,01	9,50	0,54	3,82
p-value			0,067	0,104	0,336	0,135	0,092	0,588
Soluzione nutritiva	B	DWC	61,63	7,22	11,71	10,27	0,23	2,73
		TSC	37,03	3,84	10,37	9,50	0,29	2,48
x	I	DWC	160,92	14,37	9,18	9,70	0,66	4,72
Sistema di coltivazione		TSC	106,84	11,28	13,66	9,50	0,79	5,16
p-value			0,405	0,929	0,113	0,334	0,488	0,110

Medie seguite dalle stesse lettere non sono risultate significativamente differenti al test di Tukey HSD ($\alpha = 0,05$)

Nella tabella 4.10 il confronto tra catalogna B ed I non ha mostrato differenze significative su resa fresca e secca per pianta, SS e N, mentre i valori di P e K sono risultati significativamente superiori in I.

Il confronto tra i due sistemi di coltivazione utilizzati, DWC e TSC, non ha evidenziato differenze significative su nessuno dei parametri considerati: resa fresca e secca per pianta, SS, N, P e K.

Infine, lo stesso può essere detto mettendo in interazione i due fattori: soluzione nutritiva e sistema di coltivazione.

Valutazione qualitativa:

Nella tesi B (Fig. 4.16) si è notato un colore verde decisamente più chiaro rispetto alla tesi I (Fig. 4.17), che mostra invece un colore maggiormente conforme a quello atteso per la coltura considerata



Figura 4.16: catalogna bioponica alla raccolta (42 giorni al trapianto)



Figura 4.17: catalogna idroponica alla raccolta (42 giorni al trapianto)

Lattuga

Tabella 4.11: Valutazione e confronto di resa e principali componenti nutritive su lattuga coltivata con soluzione bioponica (B) e idroponica (I) in Deep Water Culture (DWC) e Tower Substrate Culture (TSC)

<i>Lattuga</i>								
	Sol. nutr.	Sist. colt.	Peso fresco (g pianta)	Peso secco (g pianta)	SS (%)	N (% su SS)	P (% su SS)	K (% su SS)
Soluzione nutritiva	B		121,22	6,38	5,53	7,52	0,30 b	3,74
	I		133,41	7,66	5,74	10,15	0,62 a	4,33
	Media		127,32	7,02	5,64	8,84	0,46	4,04
p-value			0,281	0,0976	0,3019	0,0780	0,0090	0,1128
Sistema di coltivazione		DWC	159,65 a	8,60 a	5,43 b	9,42	0,48	4,03
		TSC	94,98 b	5,44 b	5,84 a	8,25	0,45	4,04
p-value			0,0001	0,0001	0,0487	0,2100	0,3768	0,9422
Soluzione nutritiva	B	DWC	173,45 a	8,57 a	4,94 b	8,73	0,32	3,71
		TSC	69,00 b	4,19 b	6,13 a	6,30	0,28	3,77
x	I	DWC	145,86 a	8,63 a	5,92 a	10,10	0,63	4,35
Sistema di coltivazione		TSC	120,96 b	6,69 b	5,55 a	10,20	0,61	4,30
p-value			0,001	0,0026	0,0062	0,1806	0,7572	0,5704

Medie seguite dalle stesse lettere non sono risultate significativamente differenti al test di Tukey HSD ($\alpha = 0,05$)

Nella tabella 4.11 il confronto tra lattuga B ed I non ha mostrato differenze significative per quanto riguarda resa fresca e secca per pianta, SS e N, mentre il valore di P è significativamente maggiore nella tesi I. Infine, nessuna significatività è presente per il valore di K.

I due sistemi utilizzati, DWC e TSC, mostrano invece nette differenze su resa fresca e secca per pianta e su SS, a favore del primo sistema, mentre invece non si notano differenze a riguardo dei valori di N, P e K.

Mettendo in interazione i due fattori, ciò che può essere confermato è la differenza tra DWC e TSC a favore del primo, per quanto riguarda peso secco e fresco per pianta. La SS mostra valori significativamente minori solo per B-DWC, mentre per gli altri parametri (N-P-K) non è presente alcuna significatività.

Valutazione qualitativa:

Confrontando l'aspetto della tesi si può notare un verde lievemente più chiaro (e meno consono rispetto alla norma dell'orticola) di B (Fig. 4.18) rispetto ad I (Fig. 4.19). Alla raccolta si è poi notato in entrambe le tesi un allungamento del fusto, sinonimo di avvicinamento alla fase di infiorescenza (fig. 4.20).



Figura 4.18: lattuga bioponica alla raccolta (40 giorni al trapianto)



Figura 4.19: lattuga idroponica alla raccolta (40 giorni al trapianto)



Figura 4.20: allungamento del fusto alla raccolta

4.4.3 Media tra primo e secondo ciclo produttivo

Di seguito sono riportati le medie tra i risultati ottenuti nei due differenti cicli produttivi riguardo l'analisi e il confronto delle due soluzioni nutritive, bioponica (B) ed idroponica (I), oltre che rese e principali componenti nutritive per le tre orticole coltivate secondo le due tipologie di coltivazione fuori suolo, in Deep Water Culture (DWC) o Tower Substrate Culture (TSC).

Acque

Tabella 4.12: Analisi chimico-fisica delle soluzioni nutritive utilizzate nei sistemi di coltivazione bioponica (B) e idroponica (I) durante il corso della prova

Tesi	NH ₄ mg L ⁻¹	N-NO ₃ mg L ⁻¹	Ca mg L ⁻¹	Fe mg L ⁻¹	Mg mg L ⁻¹	NO ₃ mg L ⁻¹	K mg L ⁻¹	Na mg L ⁻¹	pH (25°C) unità di pH
B	0,1	10,9 b	84,7 b	213,7 b	32,6	48,2 b	109,2 b	124,2	8,3
I	0,1	139,4 a	139,2 a	944,8 a	22,8	616,8 a	286,0 a	70,0	6,2
p-value	1,000	0,0003	0,0001	0,004	0,9983	0,0003	0,003	0,999	0,9791

Tesi	Conduc. (25°C) μS cm ⁻¹	N-NO ₂ mg L ⁻¹	NO ₂ mg L ⁻¹	F mg L ⁻¹	Cl mg L ⁻¹	SO ₄ mg L ⁻¹	PO ₄ mg L ⁻¹	Solidi tot. mg L ⁻¹	Solidi Sosp. mg L ⁻¹
B	1348,8 b	0,2 b	0,5	0,05	51,8	105,1 b	15,4 b	1065,5 b	0,020
I	2222,8 a	1,7 a	5,4	0,05	31,3	326,5 a	109,0 a	1802,5 a	0,013
p-value	0,011	0,049	0,513	1,000	0,995	0,0004	0,012	0,005	0,8353

Medie seguite dalle stesse lettere non sono risultate significativamente differenti al test t di Student ($\alpha = 0,05$)

L'analisi delle soluzioni nutritive B ed I (Tab. 4.12) mette in luce le nette differenze già notate nei singoli cicli produttivi per diverse componenti. In particolare, esse sono evidenti, sempre a favore della soluzione I, per quanto riguarda l'azoto nitrico (N-NO₃: B con un valore quasi quattordici volte inferiore ad I), Ca, Fe, NO₃, K, conducibilità elettrica (I +65% rispetto a B), azoto nitroso (N-NO₂), solfati (SO₄), fosfati (PO₄) e solidi totali. Non sono invece presenti significatività sui valori di NH₄, Mg, Na, pH, NO₂, F, Cl e solidi sospesi.

Rese e componenti nutritive delle orticole

Basilico

Tabella 4.13: Valutazione e confronto di resa e principali componenti nutritive su basilico coltivato con soluzione bioponica (B) e idroponica (I) in Deep Water Culture (DWC) e Tower Substrate Culture (TSC)

<i>Basilico</i>								
	Sol. nutr.	Sist. colt.	Peso fresco (g pianta)	Peso secco (g pianta)	SS (%)	N (% su SS)	P (% su SS)	K (% su SS)
Soluzione nutritiva	B		44,80 b	4,29 b	9,63	5,54	0,39 b	4,26 b
	I		88,54 a	8,39 a	9,59	6,27	0,77 a	5,68 a
	Media		66,67	6,34	9,61	5,91	0,58	4,97
<i>p-value</i>			0,007	0,012	0,953	0,124	0,002	0,014
Sistema di coltivazione		DWC	64,56	6,32	9,82	5,85	0,56 b	4,73 b
		TSC	68,77	6,35	9,40	5,96	0,60 a	5,21 a
<i>p-value</i>			0,323	0,515	0,479	0,682	0,049	0,007
Soluzione nutritiva	B	DWC	39,66	3,91	9,86	5,58	0,38	3,93
		TSC	49,93	4,67	9,39	5,50	0,41	4,60
x	I	DWC	89,46	8,73	9,77	6,12	0,74	5,53
Sistema di coltivazione		TSC	87,62	8,04	9,41	6,43	0,80	5,83
<i>p-value</i>			0,181	0,180	0,9221	0,501	0,471	0,118

Medie seguite dalle stesse lettere non sono risultate significativamente differenti al test di Tukey HSD ($\alpha = 0,05$)

Nella tabella 4.13 il confronto sul basilico riguardo alle tesi B ed I mostra una netta differenza, a favore della seconda, riguardo peso fresco e secco per pianta. Significatività non sono invece riscontrate confrontando i valori di SS e N, mentre si notano ancora valori significativamente maggiori in I per P e K.

I due sistemi di coltivazione, DWC e TSC, non mostrano invece differenze significative per quanto riguarda resa fresca e secca per pianta, SS, N e P. Valori decisamente superiori possono però essere notati in TSC a riguardo di P e K.

L'interazione tra i due fattori (soluzione nutritiva e sistema di coltivazione), infine, non mostra alcuna significatività in nessuno dei parametri analizzati: resa fresca e secca per pianta, SS, N, P e K.

Catalogna

Tabella 4.14: Valutazione e confronto di resa e principali componenti nutritive su catalogna coltivata con soluzione bioponica (B) e idroponica (I) in Deep Water Culture (DWC) e Tower Substrate Culture (TSC)

<i>Catalogna</i>								
	Sol. nutr.	Sist. colt.	Peso fresco (g pianta)	Peso secco (g pianta)	SS (%)	N (% su SS)	P (% su SS)	K (% su SS)
Soluzione nutritiva	B		187,30 b	12,66	8,59	6,84	0,44 b	5,69 b
	I		339,34 a	22,62	8,65	6,99	0,76 a	7,70 a
	Media		253,32	17,64	8,62	6,92	0,60	6,69
p-value			0,04	0,05	0,96	0,33	0,01	0,03
Sistema di coltivazione		DWC	272,95	19,47	8,44	7,06	0,59	6,34
		TSC	253,69	15,81	8,79	6,77	0,62	7,05
p-value			0,46	0,18	0,59	0,07	0,38	0,09
Soluzione nutritiva x Sistema di coltivazione	B	DWC	177,38	12,94	9,04	7,10	0,47	5,50
		TSC	197,21	12,39	8,14	6,58	0,42	5,87
	I	DWC	368,52	26,00	7,85	7,01	0,70	7,18
		TSC	310,17	19,24	9,45	6,97	0,82	8,23
p-value			0,17	0,26	0,10	0,11	0,08	0,36

Medie seguite dalle stesse lettere non sono risultate significativamente differenti al test di Tukey HSD ($\alpha = 0,05$)

Nella tabella 4.14 il confronto tra le tesi B ed I per la catalogna mostra una significatività a favore della seconda per quando riguarda la resa fresca per pianta; differenze rilevanti non sono invece

presenti nei valori di peso secco per pianta, SS e N. Esse sono però nette negli ultimi due parametri considerati, P e K, sempre a favore di I.

I due sistemi di coltivazione, confrontati, non hanno mostrato differenze significative riguardo questa orticola in nessuno dei parametri considerati, ovvero: resa fresca e secca per pianta, SS, N, P e K.

La stessa assenza di significatività, per i medesimi parametri, può infine notarsi mettendo in interazione i fattori sistema di coltivazione e soluzione nutritiva.

Lattuga

Tabella 4.15: Valutazione e confronto di resa e principali componenti nutritive su lattuga coltivata con soluzione bioponica (B) e idroponica (I) in Deep Water Culture (DWC) e Tower Substrate Culture (TSC)

<i>Lattuga</i>								
	Sol. nutr.	Sist. colt.	Peso fresco (g pianta)	Peso secco (g pianta)	SS (%)	N (% su SS)	P (% su SS)	K (% su SS)
Soluzione nutritiva	B		173,28 b	6,05 b	4,04	6,04	0,59 b	6,15 b
	I		239,04 a	8,28 a	4,18	7,45	0,82 a	7,65 a
	Media		206,16	7,17	4,11	6,75	0,71	6,90
p-value			0,011	0,038	0,537	0,080	0,018	0,028
Sistema di coltivazione		DWC	214,49 a	7,94 a	4,06	7,24	0,71	6,52 b
		TSC	197,82 b	6,40 b	4,16	6,24	0,70	7,28 a
			0,039	0,026	0,634	0,078	0,961	0,039
Soluzione nutritiva x Sistema di coltivazione	B	DWC	195,39 a	7,10	3,78	6,74	0,60	5,73
		TSC	151,17 b	5,01	4,31	5,33	0,57	6,57
	I	DWC	233,60 a	8,79	4,35	7,74	0,81	7,31
		TSC	244,48 a	7,78	4,00	7,15	0,83	7,99
p-value			0,013	0,292	0,069	0,391	0,506	0,521

Medie seguite dalle stesse lettere non sono risultate significativamente differenti al test di Tukey HSD ($\alpha = 0,05$)

Nella tabella 4.15, considerando come fattore di variazione la soluzione nutritiva, per la lattuga si hanno significative differenze riguardo il peso fresco e secco per pianta, favore della tesi I. Non sono invece significativi i confronti su SS e N, mentre lo sono, sempre a favore di I, sui valori P e K.

Considerando invece il sistema di coltivazione, DWC o TSC, sono presenti valori significativamente superiori in DWC su resa fresca e secca per pianta. Le differenze non sono poi rilevanti per SS, N e P, mentre si ha significatività nei valori di K, questa volta a favore della tesi TSC.

Mettendo infine in interazione i fattori, soluzione nutritiva e sistema di coltivazione, si evidenzia solo un valore significativamente inferiore per la tesi B-TSC sulla resa fresca per pianta. Gli altri parametri considerati (resa secca per pianta, SS, N, P e K) non mostrano invece alcuna differenza rilevante.

4.5 Discussione

4.5.1 Soluzioni nutritive

Come specificato nei materiali e metodi (sezione 4.3.2) le soluzioni nutritive sono state create tramite il software Sol – Nutri (DiSAAA - Università di Pisa 2009), cercando un compromesso tra le esigenze nutritive delle tre colture considerate nello studio. Entrambi i cicli produttivi hanno mostrato differenze evidenti su numerosi parametri a favore della soluzione idroponica convenzionale (I): le più rilevanti riguardano l'azoto nitrico ($N-NO_3$), la conducibilità elettrica, K, i fosfati (PO_4) ma soprattutto Fe. Quest'ultimo elemento, a causa di un valore di pH particolarmente alto nella soluzione bioponica (B) (valore medio: 8,3), si è rilevato essere scarsamente biodisponibile. Questo ha probabilmente causato la notevole differenza di colore tra le colture coltivate con soluzione B e soluzione I, rendendo le prime in condizioni di scarsa commerciabilità da fresche, nonostante le altre caratteristiche alla raccolta fossero idonee.

Può poi essere fatta una valutazione economica basata sulle spese sostenute per gli elementi necessari alla composizione della soluzione I, rispetto alla pollina necessaria per la soluzione B.

Il primo ciclo, per la soluzione B, ha impiegato 80,5 kg totali di pollina, che al costo di 0,275 €/kg portano il costo finale a 22,12 €, superiore dell'8% rispetto al costo indicato nei materiali e metodi (sezione 4.3.2) per la soluzione I (20,5 €). Il ciclo successivo, invece, sfruttando anche il fatto che non c'è stato ricambio d'acqua dal ciclo precedente (seppure sia passato quasi un mese tra fine di un ciclo produttivo e inizio del successivo), ha impiegato solamente 46 kg totali di pollina per la soluzione B, portando il costo finale a 12,65 €, inferiore del 62% rispetto al costo per la soluzione I. Queste valutazioni, viste però nel loro complesso, non mostrano particolare convenienza dal punto di vista economico per l'utilizzo della soluzione bioponica nei PAR, anche se il discorso può essere diverso nei PBR. In quest'ultimi, infatti, gli elementi necessari alla preparazione della soluzione I risultano di difficile reperibilità (Chianu, Chianu e Mairura 2012), mentre invece i materiali con cui può essere preparata una soluzione bioponica, con opportuna organizzazione, possono essere stoccati senza grosse difficoltà. Rimane infine particolarmente importante il tema dell'impatto ambientale, che per l'estrazione e la manifattura dei sali minerali è decisamente di rilievo (Basosi, et al. 2014). La comparazione con il concetto di soluzione bioponica che implica il riutilizzo di un materiale di scarto, come sono in questo caso le deiezioni animali, mostra quindi in modo evidente perché sia comunque necessario continuare la ricerca in questa direzione.

4.5.2 Basilico

Il confronto tra i due cicli produttivi mette in evidenza come generalmente quello di aprile – maggio mostri rese fresche e secche migliori per entrambe le soluzioni nutritive testate: in media +67% e +36% rispettivamente. Una spiegazione può essere la raccolta anticipata di nove giorni svolta nel secondo ciclo (giugno – luglio), per evitare l'ulteriore avanzamento di una fioritura già in atto che avrebbe potuto causare il minore valore commerciale delle colture. Il confronto sugli elementi nutritivi dà invece informazioni discordanti: infatti il valore medio di N è maggiore nel secondo ciclo, mentre per P i valori sono risultati praticamente identici e per K il maggiore corrisponde al valore medio rilevato nel primo ciclo. Concorde è invece presente nel confronto tra basilico bioponico (B) e basilico idroponico (I), dove B ha valori inferiori per tutti i parametri considerati, nonostante la raccolta anticipata del secondo ciclo abbia ridotto le distanze e annullato in alcuni casi le significatività a favore di I.

Proseguendo poi al confronto della media dei due cicli (tab. 4.13) con valori di letteratura, il basilico I e B mostrano rese per pianta sul fresco (I: 88,5 g – B: 44,8 g) rispettivamente superiori e simili a quelle ottenuti per basilico idroponico da Singh et al. (2023) (resa fresca per pianta: 48,1 g), mentre sono entrambe inferiori rispetto alla resa media ottenuta nello studio di Saha et al. (2016) (resa fresca per pianta: 96,6 g).

Sul peso secco gli stessi studi mostrano valori simili (8,3 g e 9,6 g) a I (8,4 g), mentre le differenze con B (4,29 g) in questo caso risultano evidenti per entrambi.

Infine, confrontando i tre principali macronutrienti con i valori ottenuti da Singh et al. (2023), si può notare come entrambe le tesi abbiano valori superiori rispetto a N (media B e I: 5,91% SS vs 4,17% SS) e inferiori rispetto a P (media B e I: 0,58% SS vs 0,98% SS), con invece i valori di K (6,1% SS) che sono simili per il basilico idroponico (5,68% SS) e inferiori nel basilico bioponico (4,26% SS).

4.5.3 Catalogna

I due cicli produttivi, così come nel basilico, hanno mostrato nette differenze nelle rese per pianta, su fresco e sul secco, a favore del primo. La coltura tra aprile e maggio ha infatti prodotto in media piante quasi quattro volte più grandi, con anche un peso secco quasi doppio. Le temperature tra i due cicli sono state certamente di grande importanza: I ciclo – T min: 9 °C; T max 24 °C / II ciclo – T min: 17 °C; T max: 30 °C (Aeronautica Militare 2024); ciò a conferma che la catalogna è una coltura che trova la sua massima espressione nel periodo invernale-primaverile (Gonnella, et al. 2013). Il

confronto sugli elementi nutritivi, anche in questo caso, ha mostrato la tendenza già evidenziata nel basilico, con N maggiore nel secondo ciclo, P simile e K con valore medio maggiore nel primo ciclo. Inoltre, il confronto tra catalogna bioponica (B) ed idroponica (I) nei due cicli è abbastanza concorde, sebbene nel secondo ciclo lo stress da caldo ha ridotto le rese di entrambe le tesi annullandone la significatività, che invece è risultata presente nei confronti in P e K, al contrario del primo ciclo.

Il confronto della media dei due cicli (tab. 4.14) con valori di letteratura mostra come entrambe le tesi, B e I, denotino valori superiori in resa fresca (B: 187,3 g – I: 339,34 g) per pianta rispetto a quelli riportati per catalogna coltivata in idroponico (130 g per pianta) (Maucieri, et al. 2019). Lo stesso studio, per quanto riguarda i macroelementi, mostra valori nettamente più bassi di N (3,73 % SS) rispetto a entrambi i valori medi riportati per catalogna B ed I (rispettivamente 6,84% SS e 6,99% SS). I valori di P (0,42% SS) sono invece assimilabili a quelli della tesi bioponica (0,44% SS mentre I: 0,76% SS), mentre infine la concentrazione di K (7,09% SS) è molto simile a quella presente nella tesi idroponica (7,70 % SS mentre B: 5,69% SS) .

4.5.4 Lattuga

I due cicli produttivi, come per le altre colture presenti in questo studio, hanno mostrato una netta differenza nella resa sul fresco a favore del primo ciclo. In esso si ha infatti una media tra le due tesi superiore di più di due volte rispetto a quella del secondo ciclo: anche in questo caso la differente stagione ha influito in maniera notevole. Lo stress da caldo, infatti, risulta evidente notando che la raccolta in Maggio è avvenuta dopo soli 32 giorni, mentre quella in Luglio è avvenuta con 8 giorni in più, in cui però le piante non hanno raggiunto rese paragonabili, ma hanno anzi iniziato l'allungamento del fusto, con il rischio di fioritura.

Sulla resa secca per pianta i due cicli sono paragonabili, mentre nei macroelementi si hanno valori decisamente maggiori di N nel secondo ciclo, con invece P e K presenti in concentrazioni maggiori nel ciclo di aprile – maggio. Confrontando infine i due cicli in relazione alla differenza tra le due tesi, bioponica (B) ed idroponica (I), si nota una netta discordanza: lo stress da caldo del secondo ciclo ha infatti reso nulla la significatività tra le rese fresche, osservata nel primo, mostrando però una differenza significativa nella concentrazione di P.

I valori di letteratura, per quanto riguarda la lattuga coltivata con sistema idroponico, mostrano risultati molto variabili. Gumisiriza et al. (2023), oltretutto con raccolta a tempistiche molto simili (40 gg), mostra una resa fresca molto più bassa (124, 5 g) rispetto a entrambe le tesi discusse in questo

studio (B: 173,3 g – I: 239,1 g). Una differenza ancora maggiore è presente con lo studio di Thakulla et al. (2021), dove la resa fresca media è di 118,3 g. Valori più in linea con la tesi I sono infine presenti nello studio di Ezzidine et al. (2021) (resa fresca per pianta: 243 g); lo stesso studio, riguardo ai macroelementi, mostra valori nettamente inferiori a entrambe le tesi per N (3,9 % SS vs media B e I: 6,8% SS), inferiori in P alla tesi I (0,64% SS vs 0,86% SS), con invece similarità rispetto alla tesi B (0,59% SS), e in ultimo inferiori ad entrambe le tesi nella concentrazione di K (5,0% SS vs media B e I: 6,9%).

4.5.5 I diversi sistemi di coltivazione

Lo studio si è posto anche l'obiettivo di valutare eventuali differenze tra le due tesi del trattamento secondario (il metodo di coltivazione), che poteva essere in orizzontale su pannelli galleggianti (DWC) o su torri verticali (TSC), oltre che l'interazione di esso con la soluzione nutritiva. Basilico e Catalogna non hanno mostrato differenze significative al riguardo, mentre la Lattuga, in entrambi i cicli, ha mostrato rese superiori con il sistema di coltivazione DWC, con anche un'interazione in particolare con la coltivazione bioponica, che nella coltivazione su torre è risultata significativamente minore. Tali risultati però non trovano riscontro in bibliografia e sono probabilmente dovuti alla particolarità del sistema, una metanalisi di Sin Goh et al. (2023) mostra al contrario come le colture appartenenti al macrogruppo “Lattughe e Cicorie” siano mediamente favorite dalle coltivazioni in verticale rispetto a quelle in orizzontale (rese maggiori di 4,5 volte). Mentre, invece, il gruppo delle “erbe aromatiche” risulta favorito da sistemi di coltivazione in orizzontale (+ 4,6 volte la resa in verticale).

Lo stesso studio analizza poi anche le differenze tra colture in coltivazione fuorisuolo, idroponica, e in suolo, facendo notare come per entrambi i gruppi considerati le rese in coltivazione in suolo siano superiori, seppur non in modo particolarmente evidente: questo trova concordanza anche nel nostro studio.

Infatti, sia pur tralasciando i valori medi delle rese per le colture in bioponico, risultate sempre significativamente inferiori rispetto a quelle in idroponico, il divario con le colture in suolo è comunque evidente. Il Basilico idroponico, che nel nostro studio ha una resa fresca media per pianta di 88,54 g, in suolo risulta avere un valore medio sui 125 g (Saha, Monroe e Day 2016), la Catalogna in suolo ha una resa media tra i 600-700 g (Tesi 1990), mentre nel nostro caso ha una resa media di 339,34 g, con infine la Lattuga che è quella a mostrare le differenze più ampie: 239,04 g di resa fresca media nel nostro studio, contro i 600 g di media per la coltivazione in suolo (De Rosa 2024).

4.6 Conclusione

Questo studio si è posto come obiettivo la valutazione di un sistema bioponico basato su scarti vegetali e pollina come possibile strada per l'intensificazione della produzione orticola nei Paesi a Basso Reddito, tramite confronto con agricoltura idroponica su tre differenti orticole: Basilico, Lattuga e Catalogna. I risultati ottenuti, seppur con alcune differenze tra le tre colture testate, non hanno mostrato rese fresche paragonabili, nel sistema bioponico, con il sistema convenzionale idroponico. È però interessante notare come i dati di letteratura su coltivazione fuori suolo idroponica mostrino valori mediamente inferiori a entrambi i sistemi presenti nel nostro studio: questo potrebbe denotare il raggiungimento, anche nella coltivazione bioponica, di un buon livello produttivo e di resa, sebbene permangano da risolvere i problemi di qualità dovuti agli alti pH e al mancato assorbimento di Fe. Le differenze tra le colture nei due sistemi sono apparse poi meno evidenti per quanto riguarda la composizione nei tre macronutrienti considerati: N, P e K.

In conclusione, dunque, si può affermare che il sistema fuori suolo bioponico è sicuramente meno efficiente del convenzionale idroponico, ma che per i Paesi a Basso Reddito i minerali necessari alla creazione della soluzione nutritiva idoponica sono praticamente impossibili da reperire, se non a costi proibitivi. Il contrario può invece essere detto per i materiali necessari alla creazione di una soluzione bioponica; infatti, con opportuna organizzazione, le deiezioni animali e i residui agricoli possono essere facilmente raccolti e stoccati. Infine, la semplificazione dei sistemi fuori suolo potrebbe ridurre di molto i costi di gestione. Studi futuri potranno essere indirizzati in questo senso, oltre che all'aumento delle rese: condizioni imprescindibili per uno sviluppo di sistemi di questo genere non solamente per un autoconsumo familiare delle orticole prodotte, ma anche per una vendita di esse nei mercati locali. Quest'ultima, se svolta secondo un'evoluzione delle proposte di associazionismo agricolo introdotte dal Progetto C3S, potrebbe essere in grado di generare una fonte di reddito e sostentamento non indifferente, utile sia al singolo nucleo familiare, sia al centro pilota nel raggiungimento di una sua stabilità e indipendenza economica.

4.7 Bibliografia

- Abdullah, N.O. (2016). Vertical-horizontal regulated soilless farming via advanced hydroponics for domestic food production in Doha, Qata. *Research Ideas and Outcomes*, vol. 2, n. e8134. <http://dx.doi.org/10.3897/rio.2.e8134>
- AOAC (2000) Association of Official Analytical Chemists. *Official methods of analysis*, 17th ed. Arlington, VA, USA, AOAC Int.
- Aeronautica Militare. (2024). meteoam-camisano. (5 Novembre 2024). <https://www.meteoam.it/it/meteo-citta/camisano>
- Alburquerque, J. A., de la Fuente, C., & Bernal, M.P. (2012). Chemical properties of anaerobic digestates affecting C and N dynamics in amended soils. *Agric. Ecosyst. Environ.*, vol. 160, pp. 15-22. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2011.03.007>
- Basosi, R., Spinelli, D., Fierro, A., & Jez, S. (2014). *Mineral Nitrogen Fertilizers: Environmental Impact of Production and Use*. New York, NY, USA: Nova Science Publishers.
- Cetegen, S. A., & Stuber, M.D. (2021). Optimal design of controlled environment agricultural systems under market uncertainty. *Computers and Chemical Engineering*, vol. 149, n. 107285. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compchemeng.2021.107285>
- Chianu, J.N., Chianu, J.N., & Mairura, F. (2012). Mineral Fertilizers in the Farming Systems of Sub-Saharan Africa. A Review. *Agron. Sustain. Dev.*, vol. 32, pp. 545-566. <http://dx.doi.org/10.1007/s13593-011-0050-0>
- Da Silva, E.F., Melo, M.F., Sombra, K.E.S., Silva, T.S., De Freitas, D.F., da Costa, M.F., Da Silva Santos, E.P., da Silva, L.F., Serra, A.P., & de Morais Cavalcante Neitzke, P.R. (2020). Organic Nitrogen in Agricultural Systems. In *Nitrogen Fixation*, pp. 1-22. London: IntechOpen.

- Date, M.B., Rivero, W.C., Tan, J., Specca, D., Simon, J.E., Salvi, D.A. & Karwe, M.V. (2023). Growth of Hydroponic Sweet Basil (*O. basilicum* L.) Using Plasma-Activated Nutrient Solution (PANS). *Agriculture*, vol. 13, n. 443. <https://doi.org/10.3390/agriculture13020443>
- Decreto Ministeriale 13/09/1999, SO n. 185 GU n.248 21/10/1999 Met. VII.1
- De Rosa, V. (2024). Verticale contro convenzionale: risultati interessanti su lattuga. *L'Informatore Agrario*, vol. 24, pp. 40-42.
- DiSAAA - Università di Pisa. 2009. Software per la gestione delle colture florovivaistiche. (3 Novembre 2024). <http://www.cespevi.it/softunipi/solnutri.html>
- Eghball, B., Wienhold, B.J., Gilley, J.E., & Eigenberg, R.A. (2002). Mineralization of Manure Nutrients. *J. Soil Water Conserv.*, vol. 57, pp. 470-473.
- EPA Method 3050B. (1996).
- EPA Method 6010D. (2018).
- Ezzidine, M., Liltved, H., & Seljasen, R. (2021). Hydroponic Lettuce Cultivation Using Organic Nutrient Solution from Aerobic Digested Aquacultural Sludge. *Agronomy*, vol. 11(8), n. 1484. <https://doi.org/10.3390/agronomy11081484>
- Fang, W., e Chung, H. (2017). Bioponics for lettuce production in a plant factory with artificial lighting. *Int. symp. on new technologies for environment control, energy-saving and crop production in greenhouse and plant*, vol. 1227, pp. 593-598. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1227.75>
- Forchino, A.A., Lourguioui, H., Brigolin, D., & Pastres, R. (2017). Aquaponics and sustainability: The comparison of two different aquaponic techniques using the Life Cycle Assessment (LCA). *Aquacultural Engineering*, vol. 77, pp. 80-88. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2017.03.002>

- Gebreegziher, W.G. (2023). Soilless culture technology to transform vegetable farming, reduce land pressure and degradation in drylands. *Cogent Food & Agriculture*, vol. 9, n. 2265106. <https://doi.org/10.1080/23311932.2023.2265106>
- Gonnella, M., Renna, M., Giannino, D., & Santamaria, P. (2013). Caratterizzazione di popolazioni locali di Catalogna puntarelle (*Cichorium intybus* L.) e attitudine alla trasformazione in prodotti pronti al consumo. IX Convegno Nazionale Biodiversità. Bari: CIHEAM. vol. 2, pp. 186-192.
- Gonnella, M., & Renna, M. (2021). The Evolution of Soilless Systems towards Ecological Sustainability in the Perspective of a Circular Economy. Is It Really the Opposite of Organic Agriculture?. *Agronomy*, vol. 11, n. 950. <https://doi.org/10.3390/agronomy11050950>
- Goss, M.J., Tubeileh, A. & Goorahoo, D. (2013). A Review of the Use of Organic Amendments and the Risk to Human Health. *Adv. Agron.*, vol. 120, pp. 275-379. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-407686-0.00005-1>
- Gruda, N.S. (2019). Increasing Sustainability of Growing Media Constituents and Stand-Alone Substrates in Soilless Culture Systems. *Agronomy*, vol. 9, n. 298. <https://doi.org/10.3390/agronomy9060298>
- Gumisiriza, M.S., Ndakidemi, P.A., Nampijja, Z. & Mbega, E.R. (2023). Soilless urban gardening as a post covid-19 food security salvage technology: A study on the physiognomic response of lettuce to hydroponics in Uganda. *Scientific African*, vol. 20, n. e01643. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sciaf.2023.e01643>
- Guruchandran, S., Muninathan, C., & Ganesan, N.D. (2022). Novel strategy for effective utilization of anaerobic digestate as a nutrient medium for crop production in a recirculating deep water culture hydroponics system. *Biomass Conversion and Biorefinery*, vol. 14(8), pp. 9491-9503. <http://dx.doi.org/10.1007/s13399-022-03109-5>
- Halbert-Howard, A., Hafner, F., Karlowsky, S., & Schwarz, D. (2021). Evaluating recycling fertilizers for tomato cultivation in hydroponics and their impact on greenhouse gas emissions.

Environmental Science and Pollution Research, vol. 28, pp. 59284-59303.
<https://doi.org/10.1007/s11356-020-10461-4>

- Hoagland, D.R., & Arnon, D.I. (1950). The water-culture method for growing plants without soil. Circular-347, California Agricultural Experiment Station.
- Hothorn, T., Bretz, F., & Westfall, P. (2008). Simultaneous Inference in General Parametric Models. Biometrical Journal, vol. 50(3), pp. 346-363.
<https://doi.org/10.1002/bimj.200810425>
- Incrocci, L., Malorgio, F., Massa, D., & Pardossi, E. (2022). Colture fuori suolo - idroponica e coltivazione in substrato. Milano: Edagricole.
- Ingham, E.R. (2005). The Compost Tea Brewing Manual. Corvallis, OR, USA: Soil Foodweb Institute.
- IRSA-CNR, & APAT. (2003). Metodi analitici per le acque. APAT: Roma.
- Kano, K., Kitazawa, K., Suzuki, K., Widiastuti, A., Odani, H., Zhou, S., Chinta, Y., Eguchi, Y., Shinohara, M. & Sato, T. (2021). Effects of Organic Fertilizer on Bok Choy Growth and Quality in Hydroponic Cultures. Agronomy vol. 11(3), n. 491.
<https://doi.org/10.3390/agronomy11030491>
- Kawamura-Aoyama, C., Fujiwara, K., Shinohara, M., & Takano, M. (2014). Study on the Hydroponic Culture of Lettuce with Microbially Degraded Solid Food Waste as a Nitrate Source. Jpn. Agric. Res. Quart., vol. 48(1), pp. 71-76. <http://dx.doi.org/10.6090/jarq.48.71>
- Kratsch, H.A., Graves, W.R. & Gladon, R.J. (2006). Aeroponic system for control of root-zone atmosphere. Env. Exp. Bot., vol. 55(1-2), pp. 70-76.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.envexpbot.2004.10.002>
- Lind, O.P., Hultberg, M., Bergstrand, K.-J., Larsson-Jonsson, H., Caspersen, S., & Asp, H. (2021). Biogas Digestate in Vegetable Hydroponic Production: pH Dynamics and pH

Management by Controlled Nitrification. *Waste and Biomass Valorization*, vol. 12(1), pp. 123-133. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12649-020-00965-y>

- Love, D.C., Uhl, M.S., & Genello, L. (2015). Energy and water use of a small-scale raft aquaponics system in Baltimore, Maryland, United States. *Aquacultural Eng.*, vol. 68, pp. 19-27. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2015.07.003>
- Maucieri, C., Nicoletto, C., Zanin, G., Birolo, M., Trocino, A., Sambo, P., Borin, M., & Xiccato, G. (2019). Effect of stocking density of fish on water quality and growth performance of European Carp and leafy vegetables in a low-tech aquaponic system. *PLoS ONE*, vol. 14(5), n. e02175. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217561>
- Maucieri, C., Nicoletto, C., Junge, R., Schmautz, Z., Sambo, P., & Borin, M. (2018). Hydroponic systems and water management in aquaponics: A review. *Italian Journal of Agronomy*, vol. 13, n. 1012. <https://doi.org/10.4081/ija.2017.1012>
- Mikkelsen, R., & Hartz, T.K. (2008). Nitrogen Sources for Organic Crop Production. *Better Crops*, vol. 92, pp. 16-19.
- Mohapatra, K.K., Mohapatra, S., Ekka, R., Behera, R.C. & Mohanta, R.K. (2019). Variations in round-the-year fodder production in a low-cost hydroponic shed. *Natl. Acad. Sci. Lett.*, vol. 42(5), pp. 383-385. <http://dx.doi.org/10.1007/s40009-018-0764-5>
- Mupambwa, H.A., Namwoonde, A.S., Liswaniso, G.M., Hausiku, M.K., & Ravindran, B. (2019). Biogas digestates are not an effective nutrient solution for hydroponic tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) production under a deep water culture system. *Heliyon*, vol. 5, n. e02736. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02736>
- Nejatian, A., Ganani, A., & Belgacem, A. (2016). Factors affecting the adoption of soilless production system in UAE. *International Journal of Agricultural Extension*, vol. 4(2), pp. 119-131.

- Phibunwatthanawong, T., & Riddech, N. (2019). Liquid organic fertilizer production for growing vegetables under hydroponic condition. *Int. J. Recycl. Org. Waste Agric.*, vol. 8, pp. 369-380. <https://doi.org/10.1007/s40093-019-0257-7>
- Pinheiro, J., D. Bates, e R-Core. 2021. nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models. R Package Version 3.1-153. (7 Novembre 2024). <https://svn.r-project.org/R-packages/trunk/nlme/>
- R Core . 2020. cran.r-project.org. (7 Novembre 2024). <https://cran.r-project.org/bin/windows/base/old/4.0.5/>
- Ragaveena, S., Shirly Edward, A., & Surendran, U. (2021). Smart controlled environment agriculture methods: a holistic review. *Rev. Environ. Sci. Biotechnol.*, vol. 20, pp. 887-913. <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11157-021-09591-z>
- Rouphael, Y., Colla, G., Battistelli, A., Moscatello, S., Proietti, S., & Rea, E. (2004). Yield, water requirement, nutrient uptake and fruit quality of zucchini squash grown in soil and closed soilless culture. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.*, vol. 79, pp. 423-430. <http://dx.doi.org/10.1080/14620316.2004.11511784>
- Saha, S., Monroe, A., & Day, M.R. (2016). Growth, yield, plant quality and nutrition of basil (*Ocimum basilicum* L.) under soilless agricultural systems. *Annals of Agricultural Science*, vol. 61(2), pp. 181-186. <https://doi.org/10.1016/j.aoas.2016.10.001>
- Shaji, H., Chandran, V., & Mathew, L. (2020). Organic fertilizers as a route to controlled release of nutrients. In *Controlled Release Fertilizers for Sustainable Agriculture*, di Lewu, F.B., Volova, T., Thomas, S., & Rakhimol, K.R. pp. 231-245. New York: Academic Press.
- Shinohara, M., Aoyama, C., Fujiwara, K., Watanabe, A., Ohmori, H., Uehara, Y., & Takano, M. (2011). Microbial mineralization of organic nitrogen into nitrate to allow the use of organic fertilizer in hydroponics. *Soil. Sci. Plant Nutr.*, vol. 57, pp. 190-203. <https://doi.org/10.1080/00380768.2011.554223>

- Sin Goh, Y., Chai Hum, Y., Loong Lee, Y., Wee Lai, K., Yap, W.-S. & Kai Tee, Y. (2023). A meta-analysis: Food production and vegetable crop yields of hydroponics. *Scientia Horticulturae*, vol. 321, n. 112339. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112339>
- Singh, H., Dunn, B.L., Fontanier, C., Singh, H., Kaur, A., & Zhang, L. (2023). Shade Nets Reduced Growth, Nutrition, and Sugars of Hydroponic Lettuce and Basil. *HortScience*, vol. 58(11), pp. 1383-1392. <http://dx.doi.org/10.21273/HORTSCI17252-23>
- Stouvenakers, G., Dapprich, P., Massart, S., & Jijakli, M.H. (2019). Plant pathogens and control strategies in aquaponics. *Aquaponics Food Production Systems*, pp. 353-378. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-15943-6_14
- Szekely, I., Raulier, P., & Jijakli, M.H. (2022). Development of a low-tech bioponic method using mineralized chicken and goat droppings to produce lettuces. *IHC 2022*. Angers.
- Szekely, I., & Jijakli, M.H. (2022). Biaponics as a Promising Approach to Sustainable Agriculture: A Review of the Main Methods for Producing Organic Nutrient Solution for Hydroponics. *Water*, vol. 14, n. 3975. <https://doi.org/10.3390/w14233975>
- Tesi, R. (1990). *Cicoria (Cichorium intybus L.)*. In *Orticultura*, pp. 259-267. Bologna: Patron.
- Thakulla, D., Dunn, B., Hu, B., Goad, C., & Maness, N. (2021). Nutrient Solution Temperature Affects Growth and °Brix Parameters of Seventeen Lettuce Cultivars Grown in an NFT Hydroponic System. *Horticulturae* vol. 7(9), n. 321. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7090321>
- Tikasz, P., MacPherson, S., Adamchuk, V., & Lefsrud, M. (2019). Aerated chicken, cow, and turkey manure extracts differentially affect lettuce and kale yield in hydroponics. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, vol. 8, pp. 241-252. <https://doi.org/10.1007/s40093-019-0261-y>
- UNI EN 27888. (1993). Reference method.
- UNI EN ISO 1885. (2009). Reference method.

- Van Soest, P.J., Robertson, J.D., & Lewis, B.A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharide in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, vol. 74, pp. 3583-3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
- Yep, B., & Zheng, Y. (2019). Aquaponic trends and challenges—a review. *J. Clean Prod.*, vol. 228, pp. 1586-1599. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.290>

5. Valutazione d'impatto del Progetto C3S su Food Security, Multidimensional Poverty e sviluppo agricolo nella regione di West Garo Hills, in Meghalaya (India)

5.1 Introduzione

La povertà è una delle maggiori sfide che l'intera umanità si trova ad affrontare. I dati del Global MPI Report (OPHI e UNDP 2023) indicano che in 110 Paesi a Basso Reddito (PBR), 1,1 miliardi di persone su 6,1 miliardi sono impoverite, con circa il 18% di loro che affronta un livello acuto di Multidimensional Poverty. È importante sottolineare inoltre che, mentre quasi la metà dei poveri del mondo (circa 534 milioni di persone) si trova nell'Africa sub-sahariana, più di un terzo (circa 389 milioni di individui) vive nell'Asia meridionale. Le aree rurali risultano inoltre costantemente più svantaggiate economicamente delle aree urbane, con circa l'84% dei poveri del mondo che vive in aree rurali e almeno 600 milioni di poveri che vivono con almeno una persona denutrita nella loro famiglia.

Il problema della fame e della Food Insecurity non è da meno, in quanto a numeri e gravità del problema. Un recente report (FAO, et al. 2023) indica che nel 2022 il 29,6% (2,4 miliardi) della popolazione mondiale soffriva di Food Insecurity con, tra queste, 900 milioni (11,3% della popolazione mondiale) che ne soffrivano in forma grave. Coerentemente con la distribuzione della povertà, l'insicurezza alimentare è meno diffusa nelle aree urbane. Infatti, la percentuale di persone colpite da Food Insecurity moderata o grave può raggiungere il 62,1% nelle aree periurbane e rurali. Come per la povertà, i due continenti più colpiti dalla fame risultano essere l'Africa e l'Asia, rispettivamente con il 20% e l'8,5% della popolazione che soffre la malnutrizione e/o la fame.

Per affrontare la situazione globale riguardo povertà e fame, le Nazioni Unite (ONU) hanno organizzato nel settembre 2000 il Millenium Summit, che ha portato alla stesura dei noti otto Millenium Development Goals (MDGs) pensati con l'obiettivo di ridurre la povertà estrema entro il 2015. Dopo altri due importanti Summit e Forum sullo Sviluppo Sostenibile (Sudafrica 2002 e Rio de Janeiro 2012), l'Assemblea Generale ha avviato un processo che è culminato nell'adozione dell'"Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile" (UN Sustainable Development Summit, set. 2015), con i 17 Sustainable Development Goals (SDGs) al centro. Non sorprende che i primi due SDG

riguardino la povertà – "Porre fine alla povertà in tutte le sue forme" – e la fame – "Porre fine alla fame, raggiungere la Food Security, migliorare la nutrizione e promuovere un'agricoltura sostenibile" (United Nations 2015). In particolare, il rapporto IFPRI 2014 intitolato "An ambitious development goal: Ending hunger and undernutrition by 2025" (Fan e Polman 2014) ha riconosciuto tre possibili modalità di intervento, due delle quali sottolineano il ruolo centrale dell'agricoltura: 1) Strategie focalizzate sull'agricoltura; 2) Strategie focalizzate su protezione sociale e interventi nutrizionali mirati; 3) Strategie focalizzate su agricoltura, protezione sociale e interventi nutrizionali mirati. Le prime possono essere caratterizzate da interventi come riforme agrarie, liberalizzazione dei mercati agricoli e del commercio, miglioramento degli incentivi per l'agricoltura su piccola scala. Tali interventi possono essere ottimali nelle economie basate sull'agricoltura e si basano sull'idea che una rapida crescita agricola possa contribuire a un aumento dei redditi rurali e anche allo spostamento della manodopera verso settori non agricoli. Le seconde sono focalizzate maggiormente sull'attuazione di programmi per il miglioramento nutrizionale e di reti di sicurezza sociale, utili alle persone per avere una migliore nutrizione e salute, oltre che ad avere una crescita economica più inclusiva, riducendo le disuguaglianze. Le terze sono un insieme delle due precedenti.

Due anni dopo, l'Unione Europea, la FAO e il World Food Program (WFP) hanno fondato il Global Network Against Food Crises, un insieme di organizzazioni attive in ambito umanitario e dello sviluppo responsabili della pubblicazione annuale del "Global Report on Food Crises", un documento di riferimento per analisti, responsabili politici e decisori attivi per il raggiungimento dell'obiettivo della Food Security a livello globale (FSIN e GNAFC 2017). Questo strumento mira ad aiutare tutti gli stakeholder coinvolti nella programmazione degli interventi e degli investimenti basandosi sul paradigma che un intervento precoce può ridurre i divari alimentari e proteggere i beni e i mezzi di sussistenza a un costo inferiore rispetto alla risposta umanitaria tardiva (FSIN & GNAFC, 2024). I dati di questo rapporto indicano che gli investimenti totali mondiali sono cresciuti notevolmente negli ultimi 8 anni, passando da 12,9 miliardi di dollari (6,9 per l'assistenza umanitaria, 6 per l'assistenza allo sviluppo) nel 2016 a 22,1 miliardi di dollari nel 2022 (15,1 per l'assistenza umanitaria, 7 per l'assistenza allo sviluppo).

Per una migliore comprensione di come gli investimenti in progetti per ridurre povertà e Food Insecurity siano pianificati, finanziati e implementati, è conveniente tentare di classificarli. Un primo modo, ampiamente utilizzato, consiste nel raggruppare questi programmi in base all'istituzione o alle istituzioni che hanno finanziato il progetto o i progetti corrispondenti. Secondo Alashwal e Alashwal (2023), questi possono essere un insieme di istituzioni internazionali (Banca Mondiale, IDA), finanziatori regionali (Fondo Arabo per lo Sviluppo Economico e Sociale, Banca Islamica di

Sviluppo) e paesi stranieri. Inoltre, il coinvolgimento di paesi terzi può essere organizzato tramite il Programma di sviluppo delle Nazioni Unite attraverso l'Official Development Assistance (ODA) (Melendres, et al. 2022) o ONG locali e internazionali (Steinke, et al. 2023). Allo stesso modo, il finanziamento può essere fornito dallo stesso governo dello Stato nazionale in cui si trova l'intervento (Peng, Zhao e Chen 2022). Spesso possono essere istituite anche commissioni specifiche per supervisionare lo sviluppo dei progetti (Asiwe 2023).

Un altro modo per classificare gli interventi per ridurre povertà e Food Insecurity è quello di concentrarsi sull'approccio e sull'ambito di azione dei progetti. Ad esempio, l'attenzione può essere rivolta a strutture come progetti stradali rurali (Alashwal & Alashwal, 2023) o la riabilitazione di edifici comunitari distrutti da disastri naturali (Hossain, Songsermsawas e Toguem 2023). Altri approcci possono essere più direttamente mirati a migliorare la produzione agricola o la nutrizione umana. Questa categoria di interventi di supporto è il fulcro del nostro studio.

La valutazione di progetti volti a sostenere direttamente il miglioramento della produzione agricola ha una lunga storia ed esiste parecchia letteratura a riguardo. Ad esempio, Peng et al. (2022) hanno descritto l'introduzione di strutture agricole di alta qualità, utili a migliorare la capacità produttiva agricola complessiva e coglierne i benefici socioeconomici. Allo stesso modo, Melendres et al. (2022) discutono e valutano vari progetti generatori di reddito basati sull'agricoltura, ed in particolare sull'intensificazione colturale, sul miglioramento di allevamenti di capre e polli autoctoni, sullo sviluppo della piscicoltura, o sull'introduzione di macchinari agricoli e supporto logistico. Lo studio di Maredia et al. (2023) evidenzia, poi, i miglioramenti ottenuti nella vita dei beneficiari attraverso vari progetti di giardinaggio domestico in tutto il mondo. D'altra parte, Asiwe (2023) si concentra su un tipo più specifico di intervento diretto, in cui vengono discusse le prestazioni delle varietà di fagiolo dall'occhio migliorate, che includono l'alta resa, la resistenza ai parassiti e l'efficienza nell'uso dell'acqua. Come intervento diretto nella nutrizione umana, lo stesso studio valuta anche l'introduzione di prodotti alimentari a base di fagiolo dall'occhio e la fortificazione alimentare. Un approccio analogo è stato impiegato nel progetto esaminato da Steinke et al. (2023), che ha compreso una serie di programmi di intervento per migliorare l'accessibilità al cibo e la qualità nutrizionale. Infine, Hossain et al. (2023) evidenzia un'altra potenziale strada da esplorare: la finanza, che caratterizza gli interventi di sviluppo basati sull'introduzione di strumenti semplici come i gruppi di auto-aiuto per ottenere prestiti a basso interesse da istituzioni finanziarie locali o da altri membri del gruppo.

Il nostro studio si inserisce all'interno della letteratura di cui sopra, in quanto sono stati utilizzati una serie di indicatori consolidati come il MultiDimensional Poverty Index (MDPI) e il Food

Consumption Score (FCS) per analizzare l'impatto di un progetto di sviluppo rurale di lunga data situato nella regione indiana di West Garo Hills (Meghalaya). La nostra analisi ha cercato di comprendere l'efficacia del programma attraverso metodi di inferenza causale applicati a dati primari raccolti direttamente nelle aree di intervento (Imbens & Rubin, 2015).

Questo documento è organizzato come segue. La sezione 5.2 fornisce una base di conoscenza sulle situazioni di povertà e Food Security in Meghalaya, oltre che sull'intera organizzazione e funzionamento del Progetto C3S, oggetto della nostra analisi. La sezione 5.3 fornisce la descrizione degli indicatori e dei metodi utilizzati per l'analisi, nonché i dati approssimativi raccolti dai campioni trattati e di controllo. La sezione 5.4 indica e discute i risultati ottenuti da MDPI e FCS e, infine, la sezione 5.5 elabora i risultati ottenuti in una prospettiva più generale, spiegando anche la necessità di una valutazione più approfondita ed esplorando come il progetto potrebbe migliorare le sue attività.

5.2 Contesto

5.2.1 Povertà e Food Security in Meghalaya

Il Meghalaya si trova nella regione nord-orientale dell'India. Si estende per circa 300 chilometri in lunghezza e 100 chilometri in larghezza, con l'Assam a nord e a est e il Bangladesh a sud e a ovest che ne formano i confini. La capitale dello stato è Shillong, e le tribù predominanti sono i Jaintia, i Khasi e i Garo. Il Meghalaya è diviso in undici distretti, con la regione Garo situata a ovest, la regione Khasi al centro e la regione Jaintia situata a est. La popolazione dello Stato è di circa 3 milioni di persone (About Meghalaya 2023). La Tabella 5.1 fornisce una prima idea del problema della povertà nel Meghalaya. Più del 40% delle famiglie è al di sotto della soglia di povertà (BPL) e la disoccupazione colpisce la maggior parte della popolazione: questi due indicatori hanno di conseguenza un forte impatto sulle cattive situazioni di salute (morti infantili e mancanza di strutture/medici) e di istruzione (analfabetismo o basso livello di istruzione). Allo stesso modo, la Tabella 5.2 affronta la malnutrizione all'interno dello Stato, concentrandosi su quattro importanti dimensioni: accesso all'acqua, indice di massa corporea (BMI), nutrizione infantile e anemia. Più del 30% delle famiglie non ha facile accesso all'acqua potabile, più del 20% della popolazione ha un basso BMI, indice di malnutrizione (sia maschile che femminile), solo il 23,5% dei bambini ha accesso a una dieta accettabile, mentre l'anemia colpisce indistintamente tutte le età, con le donne di età compresa tra i 15 e i 49 anni che sono la fascia di popolazione maggiormente affetta da questa condizione.

Tabella 5.1: Le diverse dimensioni della povertà nel Meghalaya

Contesto di povertà nel Meghalaya	
Economia	
<i>Persone disoccupate (%)</i>	60,2
<i>Famiglie al di sotto del livello di povertà (BPL) (%)</i>	40,9
Salute	
<i>bambini morti < 5 anni/1000 nati vivi (n)</i>	44,8
<i>Morti perinatali/1000 nati vivi (n)</i>	26,7
<i>persone/letto d'ospedale (n)</i>	876
<i>villaggi/centro sanitario di base (PHC) (n)</i>	63
<i>Persone/Medico (n)</i>	5449
<i>persone al di sotto del valore medio di salute (%)</i>	46,9
Educazione	
<i>Persone analfabete (%)</i>	44,2
<i>Persone con <5 anni di scuola (%)</i>	46,8
<i>livello medio di istruzione (anni)</i>	4,5
Beni e Servizi	
<i>Famiglie che utilizzano combustibili solidi per cucinare (%)</i>	74,3
<i>Veicoli a motore/1000 persone (n)</i>	75
<i>villaggi elettrificati (%)</i>	86,3
Fonte: (NECS 2015) (IIPS e ICF 2017)	

Tabella 5.2: Le diverse dimensioni della malnutrizione nel Meghalaya

Contesto nutrizionale del Meghalaya		%
Acqua		
<i>Famiglie che non dispongono di una fonte di acqua potabile</i>	32,1	
Indice di massa corporea (BMI)		
	<i>uomini</i>	<i>donne</i>
<i><18,5</i>	11,6	12,1
<i>17-18,4</i>	8,4	9
<i><17</i>	3,2	3,1
Nutrizione dei bambini (Dieta Minima Accettabile) <i>(6-23 mesi)</i>	23,5	
Anemia		
<i>15-49 anni</i>	<i>uomini</i>	<i>donne</i>
<i>Lieve</i>	14,6	38,7
<i>moderato</i>	16,0	16,1
<i>Forte</i>	1,7	1,4
<i>Bambini (6-59 mesi)</i>		
<i>Lieve</i>	30,2	
<i>moderato</i>	17,3	
<i>Forte</i>	0,5	

Fonte: (IIPS e ICF 2017)

Restringendo l'area di interesse alla regione Garo, Bhagat (2021) indica che il Food Consumption Score – FCS (WFP 2007) e gli Indicatori Antropometrici di Malnutrizione – AIM (WFP 2009), due metriche comunemente adottate per valutare l'adeguatezza della dieta e della nutrizione, sono particolarmente problematici per gli individui delle popolazioni di questo territorio. In particolare, FCS rivela che l'89,5% degli individui Garo è al di sotto della soglia di accettabilità, con i bambini (6-59 mesi) che mostrano una FCS media di 30,7: considerata borderline dalla letteratura (vedi Tabella 5.3). In particolare, la stessa categoria ha solo il 7,2% non affetto da malnutrizione secondo l'AIM (vedi Tabella 5.4). In questo contesto, Nongbri et al. (2021) hanno confrontato i panieri alimentari tra stato del Meghalaya e distretto di West Garo Hills (vedi tabella 5.5). Gli autori hanno riportato che il Meghalaya aveva nel complesso una percentuale maggiore di famiglie con un'adeguata assunzione di cibo in calorie (62,3% contro 47%), ma che la popolazione statale con assunzione inadeguata mostrava un divario maggiore in calorie per persona, per raggiungere un'adeguata assunzione di cibo, rispetto alla popolazione con assunzione inadeguata del singolo distretto (313,6 kcal contro 234,4 kcal).

Tabella 5.3: FCS familiare nella popolazione Garo

Food Consumption Score familiare (FCS)	scarso (< 21)	borderline (21-35)	accettabile (> 35)
%	13,3	76,2	10,5
Media	19,21	31,6	38,6

Fonte: (Bhagat 2021)

Tabella 5.4: Malnutrizione nei bambini (6-59 mesi) all'interno della tribù Garo

Indicatori antropometrici della malnutrizione (AIM)	Nessuna malnutrizione	stunting	wasting	Severe wasting	sottopeso	MUAC < -2sd
		%				
Bambini (6-59 mesi)	7,2	29,3	17,1	3,3	21,6	21,6

Fonte: (Bhagat 2021)

Tabella 5.5: Confronto tra i panieri alimentari tra Meghalaya e distretto di West Garo Hills (per famiglia)

Alimenti	riso	patate	dal	verdura	frutta	manzo-maiale	latte
			%				
Meghalaya	71,9	2,1	2,3	0,7	0,6	2,3	2,3
West Garo Hills	73,1	2,7	2,9	0,8	0,7	3,1	2,5
			kg/mese				
Meghalaya	15,8	1,7	0,5	3,7	2,0	1,5	2,8
West Garo Hills	15,3	2,2	0,7	3,7	2,8	2,3	1,1

Fonte: (Nongbri, et al. 2021)

Esistono diversi studi che indagano l'efficacia degli interventi per affrontare la povertà e la Food Insecurity nel subcontinente indiano. Ad esempio, Blakeslee et al. (2023) recentemente hanno condotto uno studio sulle infrastrutture di irrigazione, che sono considerate la principale forma di investimento governativo nello sviluppo rurale nei paesi a reddito medio-basso. Lo studio ha esaminato l'impatto a lungo termine delle infrastrutture sullo sviluppo economico locale in varie regioni e aree dell'India, notando che aumentano la produzione agricola, la ricchezza e la densità di popolazione nei villaggi rurali. Analogamente, l'introduzione del Mahatma Gandhi National Rural Employment Guarantee Act (2005), volto a migliorare il coordinamento tra i programmi di sviluppo rurale e a semplificare l'assegnazione dei fondi, è un esempio chiaro di intervento volto a fornire sostegno alle persone economicamente svantaggiate nelle aree rurali (Nayak, et al. 2021). Sebbene la

valutazione, condotta nello stato di Odisha, abbia dimostrato benefici in termini di reddito medio annuo, risparmio e salari per le famiglie beneficiarie, non hanno soddisfatto le aspettative.

Una caratteristica distintiva della maggior parte dei programmi sviluppati nel contesto indiano è la proliferazione di gruppi di auto-aiuto (SHG), promossi dai governi locali, dai progetti di sviluppo rurale e dalle organizzazioni non governative. Venkatraja (2019) ha dimostrato che le attività delle SHG facilitano lo sviluppo rurale inclusivo e sostenibile.

Murty et al. (2016) hanno descritto invece interventi incentrati sulla nutrizione e la sicurezza alimentare, che sono stati implementati attraverso i servizi integrati per lo sviluppo dell'infanzia (ICDS) in Telangana. L'obiettivo di questi interventi è stato quello di migliorare la dieta delle donne madri di bambini in età prescolare. Ciò è stato ottenuto attraverso una combinazione di educazione sanitaria e nutrizionale e misure pratiche per aumentare la disponibilità di cibo. In particolare, si è raccomandato l'introduzione di orti agricoli per aumentare la produzione di ortaggi a foglia verde e pollame da cortile con razze ad alta produzione di uova. Un altro tipo di intervento, sempre legato alla sicurezza alimentare e alla nutrizione, è presentato nello studio di Haghparast-Bigdoli et al. (2022). Esso esamina e valuta economicamente l'impatto di interventi educativi su agricoltura e nutrizione (NSA) rivolti a gruppi di madri di bambini nella fascia 0-23 mesi, tramite formazione frontale, video e formazione tramite azione partecipativa (PLA).

D'altra parte, la letteratura che affronta gli interventi volti a frenare la povertà e la Food Insecurity in Meghalaya è attualmente piuttosto limitata. Un esempio è il Programma di Sviluppo dei Bacini Idrografici (WDP), che presumibilmente ha avuto un impatto positivo sull'intensità delle colture, sulla popolazione del bestiame, sul reddito e sulla condizione socioeconomica generale delle popolazioni povere delle zone rurali (Tyngkan, et al. 2021). Un'altra iniziativa degna di nota è il progetto incentrato sul miglioramento della qualità della produzione di bachi da seta attraverso la formazione, volto a creare un settore imprenditoriale femminile che potesse generare reddito aggiuntivo per le famiglie dello stato. L'intervento, che ha ricevuto assistenza finanziaria dal Programma delle Nazioni Unite per lo Sviluppo (UNDP), è durato tre anni (2000-2003) (Teotia, et al. 2003).

5.2.2 Il progetto C3S

Data la mancanza di studi che analizzino l'impatto degli interventi per alleviare la povertà e i problemi di Food Security in Meghalaya, questo lavoro indaga l'efficacia del progetto C3S (Produzione di Cibo Appropriato: Sufficiente, Sicuro e Sostenibile), un'iniziativa di lunga data dell'Università Cattolica del Sacro Cuore (Bertoni, et al. 2019) pensata con l'idea di superare i limiti tipici degli interventi provenienti dai Paesi ad Alto Reddito (PAR) in alcune aree del pianeta caratterizzate dai problemi sopracitati (Africa: Repubblica Democratica del Congo, Burundi e Uganda; Asia: India). Questo

approccio fa seguito a quanto detto da Nzamujo (2002), che ha evidenziato le principali debolezze degli interventi da parte dei PAR, spesso troppo limitati al sostegno economico per avviare il complesso meccanismo di sviluppo. Questa caratterizzazione porta spesso, invece, alla promozione di progetti non sostenibili contraddistinti da assistenza tecnica esterna, che possono, loro malgrado, favorire una mentalità di dipendenza tra le popolazioni colpite dalla povertà e dalla Food Insecurity. In questo contesto, Deaton (2015) ha discusso l'assistenza esterna fornita ai paesi meno sviluppati, che include la costruzione di strade, dighe e ospedali, sostenendo che questa forma di aiuto rappresenta spesso un rischio per le istituzioni democratiche e la politica, che sono il fondamento dello sviluppo autonomo di un paese. Wilson (2017) ha fornito esempi pratici del fallimento del Millennium Village Project (MVP) nell'Africa sub-sahariana a causa di una mancata considerazione delle dinamiche economiche dell'Africa rurale. Ciò ha comportato una mancanza di partecipazione inclusiva e di sostenibilità a lungo termine. Una situazione simile si è verificata in Kenya con i Progetti Integrati di Conservazione e Sviluppo (ICPD) (Ouko 2018). Infine, Madsen (2022) ha illustrato come un fraintendimento delle relazioni di produzione e il loro impatto sull'accesso al cibo abbia portato a una progettazione e un'attuazione inadeguata per progetti di sviluppo agricolo in Malawi.

Al contrario, il progetto C3S attribuisce grande importanza al contesto locale e promuove innovazioni cercando di colmare il divario tra gli aiuti esterni e la popolazione. L'idea centrale è che il successo dello sviluppo dipenda dall'accettazione e dalla partecipazione all'innovazione tecnologica, che per essere accolta necessita a sua volta di formazione adeguata a utilizzarla e costi sostenibili per il contesto locale (Marangoni, 2020). Le attività dovrebbero poi essere progettate in modo da garantire la continuità a lungo termine, evitando sia l'estemporaneità che l'assistenzialismo. Affinché questo tipo di interventi abbia successo, è fondamentale stabilire solide partnership con istituzioni nazionali e locali, comprese università e centri di ricerca, per sviluppare e implementare interventi che siano in linea con obiettivi di sviluppo di più ampio raggio (Bertoni, 2015).

Nello specifico, il progetto C3S ha preso il via nel 2011 e da allora opera attraverso lo sforzo coordinato di ricercatori universitari, specificamente formati in sviluppo rurale e Food Security nei Paesi a Basso Reddito (PBR), e due tipi di organizzazioni locali: centri pilota diocesani (livello 1) e centri pilota parrocchiali (livello 2). Mentre i primi facilitano l'interazione tra il personale accademico e le parrocchie periferiche, i secondi sono quelli in contatto con la comunità locale. In particolare, i centri diocesani rappresentano il luogo in cui nascono le proposte di soluzioni adeguate ai problemi e dove vengono pensati e sperimentati gli strumenti formativi e operativi dei centri pilota parrocchiali.

D'altra parte, le parrocchie collegano i progetti pilota diocesani alle famiglie rurali e ospitano piccole equipe di animatori per guidare e sostenere la popolazione in tutte le fasi del progetto di sviluppo.

Al di là di questi accorgimenti istituzionali, i ricercatori acquisiscono informazioni attraverso i centri diocesani e forniscono soluzioni tecnico-scientifiche ai rappresentanti locali che, a loro volta, ne organizzano e coordinano l'attuazione a livello parrocchiale. Questi interventi consistono in diverse attività che possono essere approssimativamente classificate in sei categorie: (i) Attività di conoscenza - raccogliere informazioni sullo stato nutrizionale e sullo stato sanitario della popolazione, sulla produzione di bestiame e colture, sullo stoccaggio dei beni agricoli, sulle opportunità di mercato per l'approvvigionamento di input e la vendita di prodotti (i centri parrocchiali hanno un ruolo esecutivo sotto la guida del centro diocesano); (ii) Attività sperimentali sulla produzione, trasformazione e stoccaggio di colture e prodotti animali, nonché sull'uso razionale delle fonti energetiche (il centro diocesano guida la sperimentazione, con il supporto di istituzioni tecnico-scientifiche); (iii) Attività di disseminazione - dimostrazioni sul campo, corsi di formazione, poster tecnici (il centro diocesano e l'istituzione tecnico-scientifica preparano il materiale formativo, poi utilizzato dall'equipe dei centri parrocchiali direttamente con la popolazione); (iv) Attività di aggregazione - creare associazioni di mutuo aiuto come i gruppi di auto-aiuto (questi gruppi possono avere solo uno scopo finanziario, o anche sostenere in modo condiviso lavorazioni agricole, organizzazione e amministrazione dei mezzi e delle risorse di produzione, e vendita congiunta dei prodotti); (v) Attività per migliorare fruizione e stoccaggio razionale dell'acqua, per uso domestico (tecniche di potabilizzazione) e per la produzione agricola; (vi) Attività di formazione - guidate dalle istituzioni tecnico-scientifiche di riferimento per l'equipe diocesana che poi guiderà la formazione per l'equipe parrocchiale.

5.3 Metodologie e raccolta dati

La valutazione dei progetti di sviluppo rurale è un passo cruciale per comprendere l'allineamento tra le previsioni teoriche e i risultati effettivi. Questa attività prevede un esame dettagliato dei benefici diretti e indiretti, della loro effettiva realizzazione e della potenziale influenza sulla partecipazione al progetto (Silva e Mosimane 2012). Tali valutazioni possono aiutare i promotori dello sviluppo nell'adattamento degli interventi prima dell'attuazione del progetto, per garantirne l'efficacia in specifici contesti locali (Tojo-Mandaharisoa, et al. 2022). L'analisi dei progetti di sviluppo rurale può anche essere utile a identificare se e quali obiettivi di miglioramento sono stati raggiunti. Ciò consente di abbandonare le attività che non sono più rilevanti, rafforzando al contempo quelle che consentono di affrontare nuove mete di crescita e sviluppo.

La definizione di una serie di indicatori di sviluppo rurale rappresenta un passo fondamentale verso l'elaborazione di uno studio di valutazione d'impatto efficace e imparziale (Abreu e Mesias 2020). Poiché il progetto C3S ha come fine la riduzione della povertà e della Food Insecurity, oltre che allo sviluppo agricolo più in generale, sono stati raccolti dati su due misure fondamentali per quantificare questi problemi nella regione di Garo: il Multidimensional Poverty Index (MDPI) e il Food Consumption Score (FCS). Tali indici sono stati scelti per la loro capacità di catturare i livelli di povertà e Food Security a livello familiare, motivo per cui sono ampiamente adottati a livello internazionale per le valutazioni sulle condizioni di vita delle popolazioni, consentendo infatti anche confronti tra situazioni simili in diverse parti del mondo.

L'MDPI è indice di povertà multidimensionale che riflette le privazioni di servizi e beni di base, rivelando così un diverso modello di povertà accanto alla povertà di reddito. L'indice descrive essenzialmente l'intensità della povertà e copre tre dimensioni: salute, istruzione e tenore di vita (vedi Tab. 5.6).

Tabella 5.6: Struttura classica dell'MDPI

Dimensione	Indicatore	Descrizione	Peso
Salute	Mortalità infantile	se c'è stata una morte infantile in famiglia	1/6
	Nutrizione	se un adulto o un bambino della famiglia è malnutrito	1/6
Educazione	Anni di scuola	se nessun membro della famiglia ha completato cinque anni di scuola	1/6
	Frequenza scolastica del bambino	se un bambino in età scolare non va a scuola	1/6
Tenore di vita	Elettricità	se la famiglia non ha elettricità	1/18
	Acqua potabile	se la fonte d'acqua è distante più di 30 minuti a piedi	1/18
	Sanitario	se il bagno è condiviso	1/18
	Pavimentazione	se il pavimento è in terra battuta o altro materiale naturale non trattato	1/18
	Combustibile da cucina	se cucinano con legna, carbone o altri combustili solidi	1/18
	Asset	Se non possiede più di una tra: radio, TV, telefono, bicicletta o frigorifero e non possiede un'auto o un camion	1/18

Fonte: (Alkire e Santos 2010)

Queste dimensioni sono misurate utilizzando dieci indicatori e le famiglie povere sono identificate utilizzando una misura aggregata costruita attraverso la metodologia proposta da Alkire e Foster (2007) (2009). Ogni dimensione ha lo stesso peso ponderato come ogni indicatore all'interno di una dimensione. Pertanto, il punteggio per una singola famiglia può essere facilmente ottenuto come applicando la seguente formula:

$$MDPI = \sum_{c \in C} \sum_{j \in c} w_j \mathbb{I}(j = 1)$$

dove $c \in \{\text{Salute, Istruzione, Tenore di Vita}\}$, j esprime un indicatore nella categoria c , w_j rappresenta il peso attribuito all'indicatore j , mentre $w_j \mathbb{I}(j = 1)$ è una funzione indicatore che assume valore uno

quando viene verificata la condizione descritta nell'indicatore corrispondente. Una famiglia è quindi identificata come multi dimensionalmente povera se è privata in base a qualsiasi combinazione di indicatori la cui somma ponderata rappresenta il 30% o più delle dimensioni, cioè è uguale o superiore a 3. In altre parole, una famiglia è considerata povera se ne è privata per: (a) due indicatori di salute/istruzione; b) tutti e sei gli indicatori del tenore di vita; c) un indicatore della salute/istruzione più tre indicatori del tenore di vita (Alkire e Santos 2010).

Questa misura, tuttavia, è caratterizzata sia punti di forza che di debolezza. Da un lato, il metodo è molto flessibile e può essere adattato a contesti specifici o alla popolazione target (Tighsazzadeh e Malekpourasl 2023). Inoltre, può catturare le privazioni sovrapposte in più dimensioni del benessere e integrare le tradizionali misure di povertà monetaria, consentendo confronti sia tra paesi che nel tempo (Hlasny, Asadullah, & Sabra, 2022). Nel complesso, l'attrattiva di questo approccio risiede nella sua capacità di catturare la povertà cronica, che spesso si manifesta come una mancanza di accesso a risorse e competenze, nonché uno svantaggio geografico e una discriminazione sociale. Per questi motivi, l'MDPI contribuisce a misurare e monitorare lo stato dei progressi verso il conseguimento degli SDG entro il 2030 (UNDP e OPHI 2019). D'altra parte, l'indice ignora completamente le sfumature locali, e potrebbe risultare semplicemente un insieme poco connesso di indicatori raccolti su varie dimensioni e scale. Inoltre, l'MDPI può essere difficile da costruire in parti del mondo in cui mancano generalmente dati affidabili, in particolare dove non è possibile raccogliere informazioni specifiche per tutti gli indicatori (Hlasny, Asadullah, & Sabra, 2022). Inoltre, gli indicatori sulla salute sono inadeguati e non riflettono adeguatamente le privazioni di alcuni gruppi, in particolare in termini di nutrizione. Infine, le disuguaglianze all'interno delle famiglie non sono tipicamente riflesse nei dati e l'MDPI non misura la disuguaglianza tra i poveri, sebbene rifletta l'intensità della povertà vissuta (Morvaridi 2014).

La seconda misura considerata, l'FCS, è un punteggio che misura la diversità della dieta ponderato con la frequenza di consumo, che viene calcolato in base al numero di giorni in cui una famiglia ha consumato diversi gruppi di alimenti nei sette giorni precedenti l'indagine. A ogni alimento viene assegnato un punteggio compreso tra 0 e 7 in base al numero di giorni in cui è stato consumato. Gli alimenti sono raggruppati in base ai gruppi di alimenti e vengono sommate le frequenze di tutti gli alimenti esaminati in ciascun gruppo. Qualsiasi somma superiore a sette viene quindi registrata come sette. A ciascun gruppo alimentare viene infine assegnato un peso che riflette la sua densità di nutrienti (vedi Tab. 5.7). Per ogni famiglia, il punteggio viene calcolato moltiplicando la frequenza

di ciascun gruppo per il suo peso e quindi sommando questi punteggi in un unico punteggio composito.

Tabella 5.7: pesi assegnati per ogni gruppo alimentare

Gruppi alimentari	Peso
Alimento base (fonte di carboidrati)	2
Legumi	3
Verdura	1
Frutta	1
Carne e Pesce	4
Latte	4
Zucchero	0,5
Olio	0,5
Condimenti	0

Fonte: (WFP 2009)

Lo stato di consumo alimentare della famiglia è determinato confrontando il FCS calcolato con le soglie prestabilite dal World Food Program (WFP). Ad esempio, valori di FCS compresi tra 0 e 21 indicano una dieta scarsa, mentre una dieta borderline e accettabile corrispondono a valori di FCS compresi tra 21,5-35 e superiori a 35, rispettivamente. Tuttavia, nel caso in cui il consumo di olio e zucchero nella popolazione complessiva sia elevato (come nello stato di Meghalaya), le soglie FCS dovrebbero essere modificate come segue: dieta scarsa con FCS tra 0 e 28; dieta borderline tra FCS tra 28 e 42 e dieta accettabile per FCS superiore a 42 (basso accettabile 42-51; alto accettabile >52) (WFP 2009).

Il vantaggio principale della misurazione della sicurezza alimentare attraverso la FCS risiede nella facilità di raccolta delle informazioni necessarie a livello familiare. Nonostante la sua semplicità, l'FCS è in grado di catturare efficacemente gli aspetti qualitativi, e in misura minore anche quantitativi del consumo alimentare delle famiglie (Lovon e Mathiassen 2014). Infatti, uno studio di validazione condotto da Coates et al. (2007) ha dimostrato una correlazione positiva e significativa tra il punteggio e l'apporto calorico, che è confermata anche da un successivo studio di Wiesmann et al. (2009). Inoltre, la FCS è raccomandata per valutazioni dettagliate della sicurezza alimentare in quanto fornisce un quadro più completo del consumo rispetto ad altri indicatori indiretti dell'accesso delle famiglie al cibo (Kennedy, et al. 2010). D'altra parte, Ruel (2003) ha identificato una potenziale limitazione nell'applicazione di soglie universali nel punteggio, che può invece avere interpretazioni

diverse a causa delle variazioni regionali nei modelli dietetici e nei sistemi alimentari. Inoltre, Rose et al. (2008) hanno indicato che l'uso dei pesi non migliora l'accuratezza del punteggio in termini di correlazione con l'assunzione di energia rispetto a un punteggio non ponderato. Infine, periodi di recall più lunghi possono portare a un aumento degli errori e a una sotto dichiarazione del consumo, mentre le indagini sulla frequenza del consumo possono prolungare il tempo di raccolta dei dati e generare ulteriori incongruenze (Jelliffe e Jelliffe 1989) (Kennedy, et al. 2010).

Oltre ai due indicatori sopra descritti, specifici per la valutazione di povertà e Food Security, sono inoltre stati utilizzati, per l'analisi d'impatto del Progetto C3S, altri dati maggiormente inerenti alle tematiche agricole, dove si sono focalizzate gran parte delle attività nel lungo periodo di azione dal 2011 ad oggi. Si è considerato quindi il numero di animali posseduti per famiglia, con specificazione anche al numero di polli posseduti per famiglia, l'area coltivata a colture primarie e l'area coltivata a colture da reddito, con specificazione all'area utilizzata per la coltivazione di areca nut e all'area utilizzata per altre colture da reddito (pepe e gomma in particolare).

Sugli animali, infine, si è valutato anche il Livestock Index, un indice costruito tramite i “coefficienti di unità animale”, definiti dalla FAO (2011) per ogni singola macroregione mondiale, rendendo così possibili i confronti tra aree geografiche profondamente differenti per clima, territorio, cultura ed economia.

Il coefficiente standard (valore = 1) è indicato per i bovini allevati in Nord America, tutte le altre macroregioni e specie hanno poi coefficienti in rapporto ad esso, ad indicare il quantitativo di energia per il mantenimento metabolico rapportato alla sottofamiglia dei bovini.

Di seguito sono indicati i coefficienti per Nord America, membri dell'OECD e Sud Asia (utilizzati in questo studio) (vedi Tabella 5.8).

Tabella 5.8: Coefficienti di unità animale in Nord America, OECD e Sud Asia

Macroregione	Bovini	Bufali	Pecore	Capre	Maiali	Asini	Cavalli	Muli	Cammelli	Polli
<i>Nord America</i>	1,00	/	0,15	0,10	0,25	0,50	0,80	0,60	/	/
<i>OECD</i>	0,90	0,70	0,10	0,10	0,25	0,50	0,65	0,60	0,90	0,01
<i>Sud Asia</i>	0,50	0,50	0,10	0,10	0,20	0,50	0,65	0,60	/	0,01

Il calcolo del Livestock Index (LI) avviene dunque moltiplicando la numerosità delle singole categorie presentate in tabella con il corrispettivo coefficiente regionale; la somma dei valori corretti per il coefficiente permette quindi di ottenere il LI applicando la formula qui di seguito riportata:

$$(n \text{ animali cat. 1} \times \text{coeff. reg. cat. 1}) + \dots (n \text{ animali cat. n} \times \text{coeff. reg. cat. n}) = LI$$

5.3.1 Raccolta dati e campione analizzato

La raccolta dati è avvenuta nell'area circostante la St. Alphonsa Church Parish, Darenchigre, dove il Progetto C3S è attivo dal 2012 tramite un centro pilota diocesano. A causa dei vincoli logistici e di costo, la nostra strategia per garantire una rappresentanza equilibrata dei beneficiari (B) e dei non beneficiari (NB) è stata quella di fissare un obiettivo approssimativo di circa 1,5 NB intervistati per ogni partecipante al progetto C3S. Quindi, è stato concordato un obiettivo minimo di 50 B, portando a un totale di almeno 125 intervistati. Come discusso nelle sezioni precedenti, poiché il nostro metodo di valutazione si basa sull'ipotesi di assenza di effetti spillover tra individui trattati (cioè B) e non trattati (cioè NB), abbiamo impostato una distanza minima di 3 km tra le aree di raccolta dei dati delle due coorti. Inoltre, sono state considerate le famiglie come unità statistica pertinente per ridurre ulteriormente il rischio di catturare potenziali effetti d'influenza dati dalla stessa rete sociale di appartenenza. Tuttavia, poiché i B intervistati provengono dalla stessa parrocchia, è plausibile prevedere che questo effetto d'influenza possa essere effettivamente all'opera. In tal caso, gli effetti del trattamento discussi nella sezione successiva potrebbero essere influenzati a seconda della forza di questi legami sociali. Sebbene i nostri dati non siano sufficientemente ricchi per districare e quantificare questo effetto, è prevedibile che l'interazione tra le famiglie appartenenti alla coorte B genererà un rinforzo positivo, potenziando i risultati osservati.

Sono state raccolte informazioni per comporre MDPI e FCS, nonché ulteriori caratteristiche della famiglia attraverso questionari strutturati divisi in cinque sezioni. Oltre alle due dedicate a raccogliere tutti gli input necessari per quantificare i due principali indicatori di interesse, tre sezioni generali hanno indagato le attività agricole, le caratteristiche socioeconomiche e la demografia generale. Per garantire la comprensibilità, il questionario è stato tradotto in Garo, il dialetto tribale della regione, a causa della prevalenza dell'analfabetismo e della scarsa conoscenza dell'inglese tra gli adulti della zona. Gli intervistatori sono stati selezionati tra il personale del centro pilota diocesano, ovvero individui con un certo livello di istruzione che hanno ricevuto una formazione per questa specifica attività e un compenso proporzionale alla quantità e alla qualità delle indagini somministrate. Alle famiglie non beneficiarie che si sono prestate al sondaggio è stato dato un sacchetto di semi in segno di apprezzamento. Il questionario completo è disponibile nell'Appendice A.

Tabella 5.9: Dati demografici, agricoli e socioeconomici del campione, suddivisi tra beneficiari (B) e non beneficiari (NB) (%)

CAMPIONE	N	B	NB
	%	78	108
Zona del VILLAGGIO rispetto alla parrocchia	<i>Nord</i>	0,0	0,0
	<i>Sud</i>	0,0	6,5
	<i>Est</i>	18,4	18,5
	<i>Ovest</i>	15,8	22,2
	<i>Nord Ovest</i>	40,8	26,9
	<i>Sud Ovest</i>	0,0	6,5
	<i>Sud Est</i>	25,0	0,0
	<i>Nord Est</i>	0,0	4,6
GENERE del capofamiglia	<i>Maschio</i>	52,5	60,2
	<i>Femmina</i>	46,9	39,1
ETÀ del capofamiglia	<i>19–30</i>	26,6	36,6
	<i>31–40</i>	30,6	32,8
	<i>41–50</i>	26,6	18,8
	<i>>50</i>	16,0	12,3
MEMBRI della famiglia	<i>3–5</i>	66,7	63,0
	<i>6–8</i>	26,9	33,3
	<i>>8</i>	6,4	3,7
Il capofamiglia è lavoratore DIPENDENTE?	<i>Sì</i>	58,0	34,0
	<i>No</i>	41,8	66,0
Il capofamiglia ha un BUSINESS?	<i>Sì</i>	59,2	59,0
	<i>No</i>	40,8	40,7
NUMERO di animali	<i>0–10</i>	32,1	41,7
	<i>11–20</i>	47,4	41,7
	<i>>20</i>	20,5	16,7
AREA dedicata alle colture primaria (bighas*)	<i>0–1,5</i>	48,7	60,2
	<i>1,6–3</i>	25,6	26,9
	<i>3,1–5</i>	12,8	7,4
	<i>>5</i>	12,8	5,6
AREA dedicata alle colture da reddito(bighas*)	<i>0–1</i>	30,8	40,7
	<i>1,1–3</i>	37,2	35,2
	<i>3,1–10</i>	26,9	23,2
	<i>>10</i>	5,1	0,9

*: 1 bigha = 0,14 ha.

La tabella 5.9 mostra che gli intervistati hanno aderito ai criteri definiti per la selezione del campione discussi sopra, sebbene i NB siano leggermente sottorappresentati rispetto al target previsto. La variabile villaggio mappa la distribuzione spaziale del B e del NB all'interno del campione, suggerendo che la maggior parte delle famiglie di entrambi i gruppi si concentra nelle aree orientali e nord-occidentali, mentre i NB sono assenti nella parte sud-orientale rispetto alla parrocchia. La mancanza di nuclei familiari nella regione settentrionale è attribuibile alla sua vicinanza al confine statale. Concentrandosi sul genere del capofamiglia, i nostri dati mostrano che, sebbene il matriarcato appartenga alla cultura tradizionale della tribù Garo, dove il trasferimento della proprietà terriera avviene seguendo la linea di sangue matrilineare, l'autorità femminile non è sempre riconosciuta all'interno delle famiglie. In effetti, altre informazioni mostrano che la maggior parte dei Nokma, i capi villaggio all'interno della tribù Garo, sono maschi (de Maaker 2020). I dati relativi alle dimensioni delle famiglie e all'età del capo indicano la prevalenza di persone piuttosto giovani (età media B: 40,0; età media NB: 37,3), con famiglie di medie dimensioni che comprendono circa cinque individui (media B: 5,3; media NB: 4,9). Successivamente, i nostri dati mostrano che la coorte B include più dipendenti rispetto alla NB, mentre la quota per gli imprenditori è comparabile. Esaminando le variabili legate all'agricoltura, le famiglie B tendono a possedere più animali e a coltivare colture da reddito in misura maggiore rispetto alle famiglie NB. In particolare, il 68,0% delle famiglie B possiede più di 11 animali (contro il 58,3% delle famiglie NB) e il 32,1% delle famiglie B possiede più di 3 bighe di superficie coltivata da reddito (contro il 24,1% delle famiglie NB). Un'ulteriore considerazione può essere fatta per l'area utilizzata per le colture primarie: di solito, nelle tribù Garo, l'area viene assegnata dai Nokma, considerando l'autovalutazione della famiglia sulle proprie possibilità di gestione del territorio. La richiesta principale di terra da parte delle famiglie B può essere intesa come una maggiore possibilità di gestione del territorio (de Maaker 2020).

Tabella 5.10: medie di Livestock Index (L I), numero di polli per famiglia (polli), area a colture primarie (PCA), area a colture da reddito (CCA), area ad Areca nut (Areca Nut) e area ad altre colture da reddito (legno, pepe, gomma...) (WOP)

	L I		polli		PCA (bigas)		CCA (bigas)		Areca Nut (bigas)		WOP (bigas)	
	media	sd	media	sd	media	sd	media	sd	media	sd	media	sd
B	1,62	1,34	10	5,98	2,69	3,57	3,44	3,7	2,54	2,83	0,64	1,34
NB	1,32	1,09	9,40	8,16	1,55	2,04	2,31	2,47	1,96	1,89	0,3	1,08

La tabella 5.10 mostra le medie per il Livestock Index e il numero di polli per famiglia, utili ad una valutazione più accurata dell'impatto zootecnico del progetto, oltre che le medie per l'area dedicata alle colture primarie e da reddito: per quest'ultime il focus è anche sulla tipologia di coltura da reddito (Areca nut o altre colture). Le medie per LI e numero di polli mostrano, al contrario della tabella precedente (Tab. 5.9), numeri molto simili riguardo agli animali posseduti. Passando dunque al lato agronomico, le medie per le aree coltivate a colture primarie e da reddito confermano quanto già detto per la tabella precedente, mostrando una prevalenza dell'Areca nut come coltura da reddito principale sia per B che NB.

Tabella 5.11: Medie FCS e MDPI per i beneficiari (B) e i non beneficiari (NB)

	FCS		MDPI	
	media	sd	media	sd
B	65.9	22.9	4.2	1.2
NB	60.2	18.7	4.0	1.2

Infine, la tabella 5.11 mostra i valori medi di FCS e MDPI per B e NB. Entrambe le coorti mostrano un valore medio di MDPI che supera la soglia necessaria per la deprivazione ($K \geq 3$), che indica la deprivazione nel 30% degli indicatori ponderati utilizzati nell'indice), sebbene B mostri valori di povertà moderatamente più alti ($4,2 \pm 1,2$) rispetto a NB ($4,0 \pm 1,2$). D'altra parte, il valore medio dell'FCS in entrambi i gruppi indica che le famiglie intervistate mostrano elevati standard dietetici (un FCS elevato include valori superiori a 51), mentre valori di FCS leggermente più alti si osservano nel gruppo B ($65,9 \pm 22,9$, rispetto a $60,2 \pm 18,7$ nel gruppo NB). Nel complesso, tuttavia, un semplice confronto tra i valori medi per l'MDPI e l'FCS suggerirebbe che i due indicatori potrebbero non differire troppo dal fatto che le persone Garo abbiano partecipato o meno al progetto C3S. Tuttavia, questa statistica semplice non tiene conto nel confronto delle caratteristiche domestiche osservate, utilizzate come covariate nell'analisi dei dati, né discute una solida inferenza per l'impatto previsto dal progetto decennale. Discutiamo questi aspetti nella Sezione 5.3.2. Le figure 5.1 e 5.2 mostrano anche la distribuzione di Multidimensional Poverty Index (MDPI) e Food Consumption Score (FCS) per B e NB. Ancora una volta, queste cifre sembrano suggerire piccole differenze tra i due gruppi.

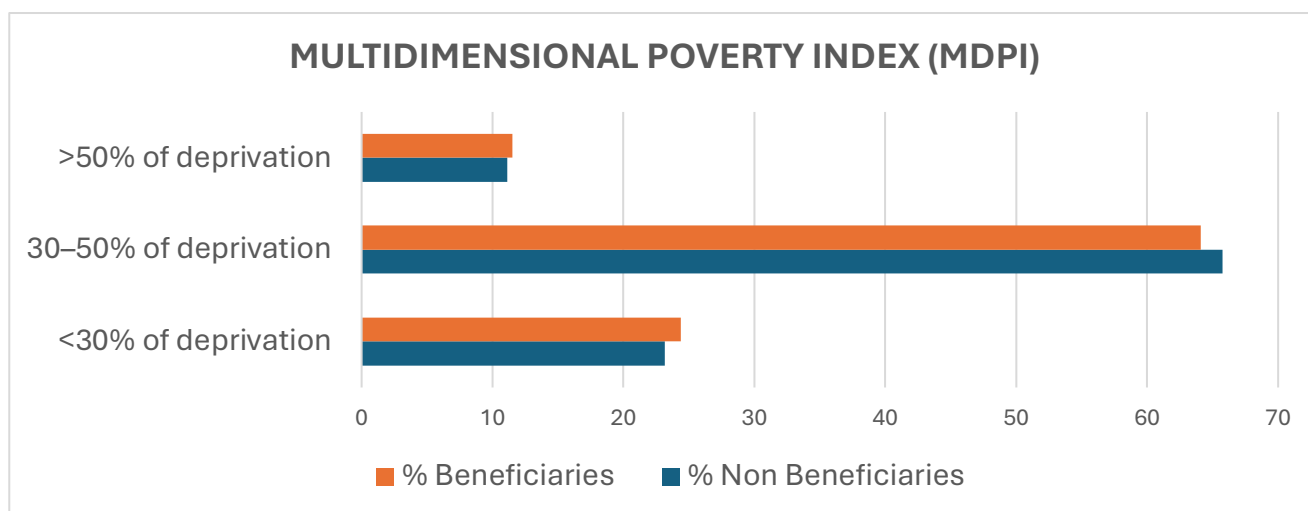


Figura 5.1: Confronto del Multidimensional Poverty Index nelle famiglie B e NB

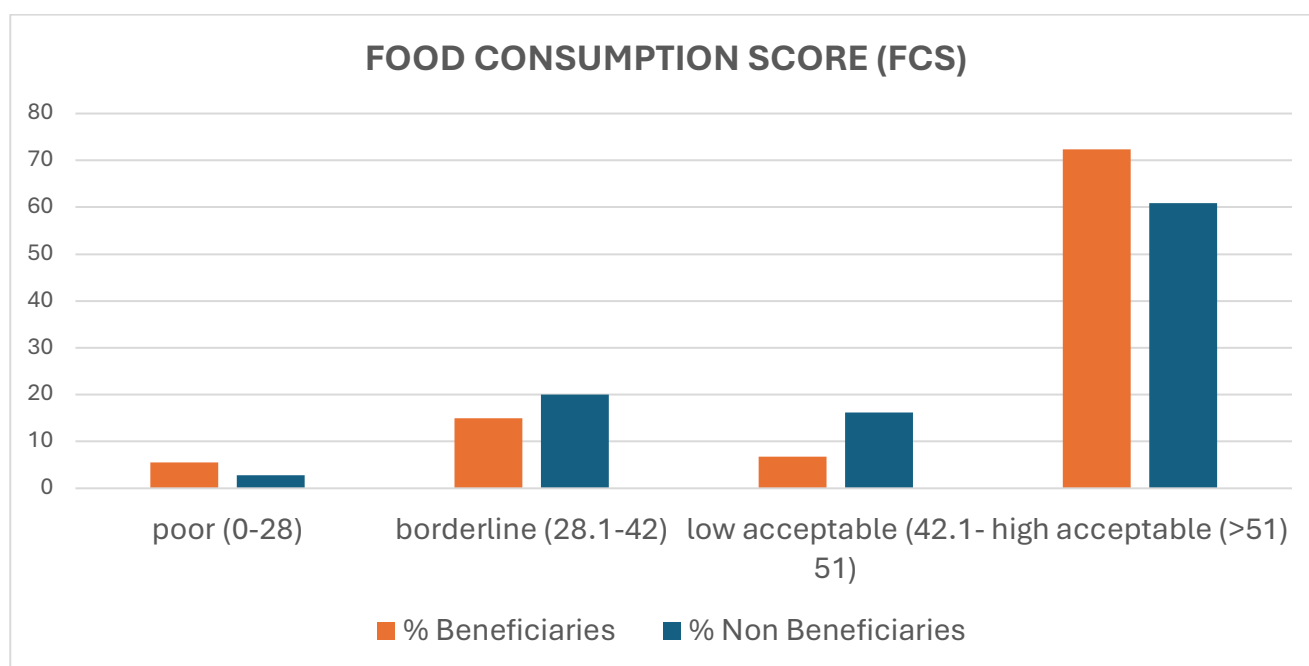


Figura 5.2: Confronto del Food Consumption Score nelle famiglie B e NB

5.3.2 Identificazione e stima

Data la natura osservazionale dello studio, sono stati utilizzate le metodologie standard per l'inferenza causale (Imbens & Rubin, 2015). In particolare, si consideri $Y(1)$ e $Y(0)$ ad indicare i valori dei risultati che avremmo osservato se l'individuo $i \in \{1, \dots, N\}$ fosse stato trattato ($T = 1$) o no ($T = 0$), rispettivamente (Imbens & Rubin, 2015). Di questi elementi, si osserva solo l'esito potenziale che corrisponde al realizzato T_i che, nell'ipotesi di assenza di effetti di spillover e di assenza di versioni

alternative del trattamento (la cosiddetta Stable Unit Treatment Assumption - SUTVA), può essere indicato come: $Y = TY(1) + (1 - T)Y(0)$. Quindi, l'identificazione dell'effetto medio del trattamento (ATE) richiede due ipotesi fondamentali che possono essere enunciate come segue:

$$Y(0), Y(1) \perp T | \mathbf{X} \quad (1)$$

$$0 < \Pr(T = 1 | \mathbf{X} = \mathbf{x}) < 1 \quad (2)$$

La condizione (1) postula l'indipendenza tra i potenziali risultati e il trattamento condizionato da un insieme di variabili pretrattamento (cioè esogene), $\mathbf{X}$, mentre (2) è tipicamente nota come positività o sovrapposizione e implica che tutti gli individui hanno possibilità diverse da zero di appartenere al gruppo di trattamento o al gruppo di controllo (questo noto anche come positività o supporto comune). La combinazione delle ipotesi (1) e (2) consente di stimare gli effetti causali condizionali attraverso una forte ignorabilità:

$$\mathbb{E}[Y(t) | \mathbf{X} = \mathbf{x}] = \mathbb{E}[Y | T = t, \mathbf{X} = \mathbf{x}] \quad (3)$$

La media (3) sull'intervallo di $\mathbf{X}$ produce poi l'ATE:

$$\tau_{ATE} = \mathbb{E}_{\mathbf{X}}[\mathbb{E}[Y | T = 1, \mathbf{X} = \mathbf{x}] - \mathbb{E}[Y | T = 0, \mathbf{X} = \mathbf{x}]] \quad (4)$$

La letteratura propone dunque diversi modi per effettuare la stima (4). Alcune delle tecniche più popolari includono le tecniche di corrispondenza, l'aggiustamento della regressione (RA), l'Inverse Probability Weighting (IPW) e i metodi Doubly Robust (DR). Tra questi, le tecniche di DR hanno diversi vantaggi sia rispetto all'AR che all'IPW in quanto combinano questi due approcci per stimare la resa che sono robusti per l'errata specificazione del punteggio di propensione (PS) o del modello di regressione dell'esito (OR). In particolare, dato un modello (non parametrico) per il PS, $\pi(\mathbf{x}) = \Pr(T = 1 | \mathbf{X} = \mathbf{x})$, e per l'OR, $\mu_t(\mathbf{x}) = \mathbb{E}[Y | T = t, \mathbf{X} = \mathbf{x}]$, uno stimatore DR di τ_{ATE} è dato da:

$$\tau_{ATE}^{DR} = \mathbb{E}\{TYw_1 - [T - \pi(\mathbf{x})]w_1\mu_1(\mathbf{x})\} - \mathbb{E}\{(1 - T)Yw_0 - [T - \pi(\mathbf{x})]w_0\mu_0(\mathbf{x})\}$$

dove $w_1 = 1/\pi(\mathbf{x})$ e $w_0 = 1/1 - \pi(\mathbf{x})$. Poiché l'equazione di cui sopra implica la divisione per il PS, valori estremi di $\pi(\mathbf{x})$ possono produrre risultati instabili. Per questo motivo, è necessaria una forte sovrapposizione (D'Amour, et al. 2021) per evitare valori artificialmente grandi per una delle due componenti dello stimatore. La Figura 4.3 mostra la distribuzione del PS stimato nel gruppo di controllo (barre blu) e trattato (barre rosse), suggerendo che il nostro campione si sovrappone ragionevolmente bene.

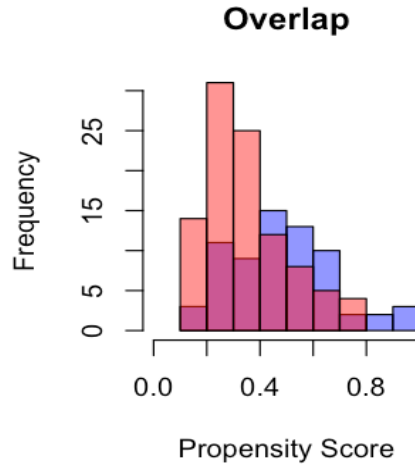


Figura 5.3: Distribuzione del PS stimato nel gruppo di controllo (barre blu) e nel gruppo trattato (barre rosse)

Tuttavia, per ridurre al minimo il rischio di denominatori occasionalmente piccoli e ottenere stime con varianza inferiore (Hirano, Imbens e Ridder 2003), si è normalizzato w_1 e w_0 per ottenere pesi stabilizzanti (Hernan, Brumback e Robins 2000): $w_{1,i}^n = w_{1,i} / \sum_{i \in N|T=1} w_{1,i}$ e $w_{0,i}^n = w_{0,i} / \sum_{i \in N|T=0} w_{0,i}$. Infine, il vettore delle covariate di pretrattamento ha incluso l'età del capofamiglia, le dimensioni del nucleo familiare, il numero di animali (Livestock Index), la superficie agricola coltivata a colture da reddito e l'area agricola dedicata alle colture primarie di sussistenza (entrambe espresse in bigha: 1 bigha = 0,14 ha), la posizione del villaggio della famiglia e due indicatori binari che rilevano se il capofamiglia è lavoratore dipendente o se il capofamiglia possiede un'impresa. Come controllo di robustezza, tuttavia, sono state elaborate anche diverse configurazioni di $\mathbf{X}$ e stimato un modello IPW per verificare con quale gravità un errore di specificazione del modello $\pi(\mathbf{x})$ o $\mu_t(\mathbf{x})$ fosse in grado potesse influenzare le stime. I dettagli sono presentati nell'Appendice B.

5.4 Risultati e discussione

5.4.1 MDPI

Tabella 5.12: Stima della differenza tra campione trattato e controllo sul valore medio di Multidimensional Poverty Index (MDPI), tramite l'utilizzo di IPW e DR per il modello principale di covariate di pretrattamento (IPW-DR7 nell'Appendice B, Tabella I)

MultiDimensional Poverty Index (MDPI)				
	Stima IPW		Stima DR	
Differenza tra B e NB	0,2		0,3	
Intervallo di confidenza al 95%	-0,1	+0,6	-0,1	+0,8
Intervallo di confidenza al 90%	-0,1	+0,5	-0,1	+0,7

Sia lo stimatore IPW che quello DR (Tab. 5.12) suggeriscono che la differenza media tra i due gruppi non è statisticamente significativa al livello di confidenza del 95%. Questo risultato vale per diverse specifiche del punteggio di propensione e della regressione dei risultati. Questi risultati indicano che il progetto C3S non ha portato a un cambiamento significativo nella povertà multidimensionale delle famiglie. Ciò può essere attribuito a varie ragioni, tra cui la costruzione e la composizione di MDPI, che considera molteplici dimensioni su cui il Progetto C3S non ha direttamente agito nelle sue attività decennali. Le iniziative si sono concentrate principalmente sulla salute, la nutrizione e lo sviluppo agricolo, piuttosto che sul miglioramento del tenore di vita generale.

Raggiungere questo obiettivo è particolarmente impegnativo nelle aree rurali, dove la cultura locale e le pratiche tradizionali svolgono un ruolo significativo. Ciò è particolarmente vero nelle regioni tribali come West Garo Hills, dove la maggior parte della popolazione (88%) vive in aree rurali (NECS 2015). Inoltre, l'impatto della dimensione "Tenore di vita" nella valutazione della povertà multidimensionale in India e Bangladesh è anch'esso molto elevato: infatti, il contributo stimato di essa nelle persone al di sotto della soglia di povertà è rispettivamente del 39,7% per l'India e del 45,1% per il Bangladesh (OPHI; UNDP 2023).

In generale, tuttavia, la povertà multidimensionale rilevata nella regione del Garo suggerisce la necessità di ulteriori miglioramenti delle condizioni di vita rurale, anche se il problema è meno grave in quest'area che in altri territori rurali simili. Ad esempio, i villaggi nella regione costiera del Bengala occidentale mostrano in genere indicatori di povertà più elevati, che vanno da un minimo di 4,59 a un massimo di 7,65 (Mondal, et al. 2023). Invece, una situazione un po' migliore è mostrata dai dati di Gogoi (2020) o Bandoowala e Dabhi (2023); il primo ha valutato la povertà multidimensionale

della comunità di lavoratori delle piantagioni di tè del distretto di Dibrugarh, in Assam, scoprendo un valore medio di 3,82, i secondi hanno analizzato gli MDPI dei 26 distretti del Gujarat, trovando un valore medio di 3,78. Infine, un confronto con i dati di tutta l'India, nel lungo periodo 1998-2021, indica ancora una volta che la gravità del problema nella regione del Garo è relativa: infatti il valore medio dell'India è di poco superiore a quelli che troviamo nel nostro studio (4.4 vs B-4.2 e NB-4.0) (Bao e Liao 2024).

5.4.2 FCS

Tabella 5.13: Stima della differenza tra campione trattato e controllo sul valore medio di Food Consumption Score (FCS), tramite l'utilizzo di IPW e DR per il modello principale di covariate di pretrattamento (IPW-DR8 nell'Appendice B, Tabella II)

Food Consumption Score (FCS)				
	Stima IPW		Stima DR	
Differenza tra B e NB	3,7		3,8	
Intervallo di confidenza al 95%	-2,3	+10,2	-2,3	+10,2
Intervallo di confidenza al 90%	-1,3	+9,2	-1,3	+9,2

Le stime causali ottenute attraverso i metodi DR e IPW (Tab. 5.13) indicano prove contrastanti. Utilizzando la configurazione covariata illustrata nella Sezione 5.3.2, il calcolo dell'effetto del trattamento (ATE) che utilizza entrambi gli stimatori non è statisticamente significativo al 95% e al 90% di confidenza. D'altra parte, il condizionamento su un diverso insieme di covariate esogene produce occasionalmente risultati positivi diversi da zero. Questi risultati suggeriscono che gli ATE per l'indicatore FCS potrebbero essere sensibili alle specifiche del modello e, per questo motivo, le stime corrispondenti potrebbero essere inaffidabili. Tuttavia, anche nei casi in cui la differenza tra i campioni B e NB è risultata significativamente diversa da zero, la discrepanza media tra essi è molto ridotta rispetto al FCS medio osservata in entrambi i gruppi. Queste differenze trascurabili potrebbero essere spiegate dal già elevato FCS in entrambe le coorti, suggerendo, da un lato, che l'intervento C3S ha contribuito solo marginalmente a migliorare una dieta già buona. D'altra parte, però, l'intervento del Progetto C3S ha sicuramente aiutato i beneficiari nell'introduzione dell'orticoltura invernale per migliorare la disponibilità di ortaggi, o nella riduzione delle malattie legate alla nutrizione attraverso l'introduzione di filtri in ceramica per la depurazione dell'acqua e l'integrazione dietetica con ferro, vitamina B12 e vermifugo contro l'anemia infantile e femminile (Bertoni, et al. 2019). Mentre ci si sarebbe potuto aspettare che i progressi nella disponibilità di ortaggi avrebbero migliorato l'FCS dei

beneficiari del progetto, era improbabile che gli altri interventi potessero venire catturati da un indice così generico.

Più in generale, confrontando gli FCS del nostro studio con i dati raccolti dalle famiglie degli agricoltori negli stati indiani di Haryana e Gujarat può essere notato che i valori medi dell'indice sono molto vicini allo stesso indicatore registrato nello stato di Haryana e un po' più bassi rispetto ai dati riportati per lo stato del Gujarat (Singh, Jones e Jain 2020). D'altra parte, confronti con le famiglie di agricoltori in contesti rurali in diversi paesi africani mostrano che la popolazione della regione Garo ha valori medi di FCS più elevati rispetto a Uganda, Kenya e Nigeria (Adeyanju, et al. 2023). Queste differenze emergono anche facendo paragoni sulla quota di individui al di sotto della soglia utilizzata per definire una dieta scarsa.

5.4.2 Sviluppo agricolo

Livestock Index (LI) e numero di polli per famiglia

Tabella 5.14: Stima della differenza tra campione trattato e controllo sul valore medio di LI, tramite l'utilizzo di IPW e DR per il modello principale di covariate di pretrattamento (IPW-DR1 nell'Appendice B, Tabella III)

Livestock Index (LI)				
	Stima IPW		Stima DR	
Differenza tra B e NB	0,1		0,1	
Intervallo di confidenza al 95%	-0,26	+0,43	-0,41	+0,37
Intervallo di confidenza al 90%	-0,21	+0,37	-0,36	+0,32

Tabella 5.15: Stima della differenza tra campione trattato e controllo sul numero medio di polli/famiglia, tramite l'utilizzo di IPW e DR per il modello principale di covariate di pretrattamento (IPW-DR5 nell'Appendice B, Tabella IV)

Numero di polli per famiglia				
	Stima IPW		Stima DR	
Differenza tra B e NB	-0,7		-1,4	
Intervallo di confidenza al 95%	-3,09	+1,28	-4,11	+0,62
Intervallo di confidenza al 90%	-2,73	+0,92	-3,76	+0,33

Per quando riguarda il Livestock Index (Tab. 5.14), non si notano differenze significative tra i partecipanti al progetto C3S e i non partecipanti ad esso, né con significatività della stima al 95% né al 90%, per entrambi gli stimatori utilizzati. Questo risultato può essere spiegato con il fatto che il distretto di West Garo Hills è comunque il più ricco di bestiame in generale, dato che da solo contribuisce al 22% dell'intera popolazione animale dello Stato (Tripathi, et al. 2019). Lo stesso studio ha inoltre stimato che il 99,6% di questa popolazione è di razza autoctona e in questo senso è stato importante valutare anche il numero di polli per famiglia, tra B e NB, considerando le varie distribuzioni di pulcini di razza migliorata (Kuroiler) fatta nei confronti dei beneficiari del progetto lungo i dieci anni di attività. Sia lo stimatore IPW che quello DR non mostrano però differenze significative al 90% e al 95% (Tab. 5.15). A differenza del Livestock Index, e delle medie semplici (Tab. 5.10), nel modello principale così come negli altri testati (Appendice B, Tab. III) si nota però una media leggermente inferiore nel campione trattato. Questo dato, apparentemente strano, potrebbe però trovare una spiegazione nell'introduzione delle razze migliorate, le quali con numeri identici hanno una resa decisamente maggiore in carne e uova (Bertoni, 2015). Questa condizione potrebbe permettere dunque, con gli stessi numeri, di dedicare una parte delle uova e della carne all'autoconsumo, quando di regola la totalità è dedicata alla vendita. Una situazione decisamente interessante considerando che le uova sono considerate un lusso per la maggior parte della popolazione del Meghalaya, sia rurale che urbana (Tripathi, et al. 2019), con appena 35 uova/anno consumate procapite (sulle 180 consigliate dall'Indian Council of Medical Research) e 3,85 g/giorno di carne proveniente da pollame consumata procapite (su 43 g/giorno consigliati) (Directorate of animal husbandry & veterinary - Government of Meghalaya 2017).

Area coltivata a colture primarie di sussistenza, a colture da reddito, ad areca nut ed altre colture da reddito

Tabella 5.16: Stima della differenza tra campione trattato e controllo sull'area mediamente coltivata a colture primarie di sussistenza, tramite l'utilizzo di IPW e DR per il modello principale di covariate di pretrattamento (IPW-DR1 nell'Appendice B, Tabella V)

Area coltivata a colture primarie di sussistenza (PCA)(bighas)				
	Stima IPW		Stima DR	
Differenza tra B e NB	0,7		0,1	
Intervallo di confidenza al 95%	-0,13	+1,45	-0,72	+0,89
Intervallo di confidenza al 90%	+0,01	+1,32	-0,6	+0,76

Tabella 5.17: Stima della differenza tra campione trattato e controllo sull'area mediamente coltivata a colture da reddito, tramite l'utilizzo di IPW e DR per il modello principale di covariate di pretrattamento (IPW-DR1 nell'Appendice B, Tabella VI)

Area coltivata a colture primarie di sussistenza (CCA)(bighas)				
	Stima IPW		Stima DR	
Differenza tra B e NB	0,9		0,6	
Intervallo di confidenza al 95%	-0,04	+1,79	-0,44	+1,69
Intervallo di confidenza al 90%	+0,1	+1,65	-0,19	+1,46

Tabella 5.18: Stima della differenza tra campione trattato e controllo sull'area mediamente coltivata ad Areca nut, tramite l'utilizzo di IPW e DR per il modello principale di covariate di pretrattamento (IPW-DR1 nell'Appendice B, Tabella VII)

Area coltivata ad Areca nut (bighas)				
	Stima IPW		Stima DR	
Differenza tra B e NB	0,4		0,2	
Intervallo di confidenza al 95%	-0,29	+1,03	-0,52	+1,05
Intervallo di confidenza al 90%	+0,18	+0,93	-0,36	+0,98

Tabella 5.19: Stima della differenza tra campione trattato e controllo sull'area mediamente coltivata ad altre colture da reddito, tramite l'utilizzo di IPW e DR per il modello principale di covariate di pretrattamento (IPW-DR1 nell'Appendice B, Tabella VIII)

Area coltivata ad altre colture da reddito (WOP)(bighas)				
	Stima IPW		Stima DR	
Differenza tra B e NB	0,2		0,1	
Intervallo di confidenza al 95%	-0,18	+0,63	-0,38	+0,53
Intervallo di confidenza al 90%	-0,12	+0,57	-0,31	+0,45

A riguardo dell'area, espressa in bighas (7 bigha = 1 ha), destinata alla produzione di colture primarie di sussistenza (Tab. 5.16) come riso e orticole, è stato possibile notare che, utilizzando la conformazione covariata illustrata nella Sezione 5.3.2, il calcolo della differenza tra campione trattato e non trattato è statisticamente significativa solo al 90% di confidenza per IPW. Inoltre, il condizionamento su un diverso insieme di covariate esogene produce numerosi risultati positivi

diversi da zero, con anche numerosi casi di significatività al 95% di confidenza per IPW (in un caso anche per DR) (Appendice B, Tab. V).

I risultati dei modelli, dunque, hanno confermato quanto poteva essere notato inizialmente dalle semplici medie di superficie ($B = 2,69 \pm 3,57$; $NB = 1,55 \pm 2,04$), le quali evidenziano, oltre che un'estrema variabilità nei 2 campioni, anche di essere ampiamente sotto la media di superficie delle tenute agricole classificate come marginali (4 bighas) (NECS 2015). Normalmente nella cultura Garo le terre sono assegnate dal capo villaggio (nokma) alle singole famiglie, e la dimensione della superficie viene definita e richiesta dal nucleo familiare in base alle possibilità di lavorarla e produrre che suppone di avere (de Maaker 2020). La richiesta di terreni di dimensioni così ridotte potrebbe essere quindi ricondotta all'utilizzo di metodi e tecniche agricoli tradizionali, più faticosi e poco produttivi, oltre che all'assenza di sementi migliorate e un'adeguata rete di irrigazione (se non per le risaie) (Roy, et al. 2014). Questi aspetti, in particolare la formazione su tecniche di lavorazione maggiormente produttive e l'introduzione di sementi migliorate, sono stati al centro del Progetto C3S in tutti i suoi primi 10 anni di attività: la maggiore superficie, nelle famiglie beneficiarie, potrebbe quindi essere letta anche in questo senso.

Un discorso simile può essere fatto per l'area coltivata a colture da reddito (Tab. 5.17), le cui più diffuse nello stato del Meghalaya sono pepe, areca nut, gomma, legname, anacardio, erba ginestra, tè e caffè (Behera, et al. 2016). Già le medie di superficie ($B = 3,44 \pm 3,7$; $NB = 2,31 \pm 2,47$) indicano la presenza di una differenza tra i due campioni (al di là della elevata variabilità all'interno di essi), che trova quindi conferma per IPW, ad una significatività del 90%, già nella conformazione covariata illustrata nella Sezione 5.3.2. Condizionamenti con diversi insiemi di covariate esogene mostrano poi risultati positivi più netti, con anche due casi di differenza significativa al 95% per entrambi gli stimatori utilizzati (Appendice B, Tab. VI).

Approfondendo l'indagine sull'area dedicata alle colture da reddito, la coltura dell'areca nut poteva essere di particolare interesse, essendo queste noci in grado di spuntare ottimi prezzi presso gli intermediari dell'industria degli stimolanti, che rende l'areca, spesso tagliata con tabacco, uno dei più diffusi in tutto il subcontinente indiano (de Maaker 2020). Non è stata però identificata nessuna differenza significativa per entrambi gli stimatori, né ad una significatività del 95% né scendendo al 90% (Tab. 5.18). Questo può spiegarsi con il fatto che il Progetto C3S non ha mai fatto formazione o interventi riguardo questa particolare coltura, la quale risulta essere anche un investimento consistente, dato che impiega almeno sette-otto anni per entrare in produzione (de Maaker 2020), tempistiche scoraggianti per famiglie che sono comunque al di sotto della soglia di povertà definita dal MDPI.

Una valutazione infine è stata fatta sull'area dedicata a coltura da reddito escludendo l'areca nut (Tab. 5.19), con attenzione particolare alla gomma, la quale produzione statale era circa il 13% della produzione totale negli stati del nord-est del subcontinente indiano (NECS 2015), e che ha visto, in Garo Hills, una rapida crescita nell'area dedicata alla sua produzione negli ultimi sessant'anni. Oltre che al pepe, per cui vale lo stesso discorso sulla crescita di superficie ad esso dedicata (Behera, et al. 2016).

Tutti le conformazioni covariate utilizzate (Appendice B, Tab. VIII), tranne quella indicata nella Sezione 5.3.2, hanno evidenziato un'area maggiore nel campione trattato con una significatività del 90% sia per IPW che per DR. Due casi mostrano significatività per entrambi gli stimatori anche al 95%.

5.5 Conclusione

La valutazione del progetto C3S, che mira a sostenere le popolazioni locali attraverso la fornitura di innovazione tecnologica, conoscenze e input migliori, è stato e continua ad essere una sfida multiforme. Sebbene il progetto sia in corso da diversi anni, gli indicatori chiave utilizzati per misurarne l'impatto generale (Multidimensional Poverty Index e Food Consumption Score) hanno mostrato un miglioramento diretto minimo o nullo del benessere e della qualità della dieta della popolazione target. Ciò solleva interrogativi non solo sull'efficacia dell'intervento, ma anche sul modo in cui sono stati misurati i suoi potenziali risultati.

Da un lato, dato che l'iniziativa C3S è in corso da più di 10 anni, ci si sarebbe potuti ragionevolmente aspettare che i miglioramenti nelle condizioni di vita della popolazione, grazie all'adozione di tecnologia e tecniche migliori, all'acquisizione delle conoscenze e alla migliore gestione degli input, si sarebbero presentati con risultati più visibili. A questo proposito, la mancanza di cambiamenti nell'MDPI e nell'FCS potrebbe suggerire che gli effetti di ricaduta attesi da questi miglioramenti incrementali non si siano ancora concretizzati o che il contributo del progetto sia stato limitato. Nello stesso senso è infatti necessario considerare le non poche difficoltà nell'accoglimento da parte della popolazione nei confronti delle innovazioni, contrapposte alla tradizione agricola millenaria del luogo. Quest'ultima, è purtroppo un chiaro sintomo di ancoraggio all'abitudine e chiusura mentale, che neppure la constatazione di scarse rese sembra capace di smuovere.

D'altra parte, è anche possibile che i benefici dell'intervento si siano manifestati in modi più sottili o indiretti rispetto agli indici standardizzati utilizzati per valutarne l'impatto (l'MDPI e l'FCS). In effetti,

la complessità delle trasformazioni sociali ed economiche spesso implica che alcuni risultati richiedano più tempo per emergere o diventare visibili in misure aggregate, in particolare in popolazioni piccole o molto specifiche. Inoltre, le contingenze globali come la pandemia da Covid-19 e le conseguenti turbolenze del mercato globale hanno di fatto sospeso il progetto per circa due anni. È verosimile, tuttavia, che questi shock possano aver contribuito a compensare qualsiasi effetto positivo che l'intervento potrebbe aver generato negli anni precedenti, come anche hanno testimoniato i numerosi report forniti dal centro pilota di Darenchigre nel biennio 2020-21, dove la situazione mostrata era decisamente grave, non solo dal punto di vista della salute.

Questo ci porta poi a valutare il tema successivo, ovvero che i semplici indici potrebbero non funzionare molto bene per valutare piccoli programmi. Sebbene l'MDPI e l'FCS siano strumenti ampiamente riconosciuti per misurare la povertà e la nutrizione, sono progettati per essere completi e generalizzabili in ampie popolazioni. In altre parole, la loro utilità ben documentata nella produzione di statistiche aggregate potrebbe non valere quando si tratta di sottopopolazioni più piccole e più mirate in cui questi strumenti potrebbero non riuscire a catturare le sfumature locali. Ad esempio, l'FCS aggrega gruppi di alimenti e modelli di consumo, ma potrebbe non evidenziare cambiamenti nella diversità o nella qualità di specifici prodotti alimentari che sono rilevanti a livello locale. Allo stesso modo, l'MDPI potrebbe non riflettere sottili miglioramenti nell'assistenza sanitaria, nel tenore di vita o nell'istruzione al di là del semplice meccanismo contabile codificato nelle sue componenti fondamentali. Per affrontare queste limitazioni, sarebbe necessario sviluppare indicatori più personalizzati, concentrandosi su componenti isolate dell'MDPI e del FCS che sono particolarmente rilevanti per la popolazione oggetto di studio. Inoltre, la creazione di nuovi indicatori specifici per il contesto potrebbe fornire una comprensione più precisa di come l'intervento stia influenzando il benessere e la nutrizione locale. Tuttavia, lo sviluppo e il mantenimento di queste nuove metriche richiederebbero studi di convalida, sistemi di monitoraggio migliorati e intervistatori formati e specializzati sulla somministrazione di questionari più complessi. Chiaramente, tutte queste potenziali innovazioni necessiterebbero di ulteriori impegni finanziari e temporali, che non riteniamo facili da assicurare.

Dunque, nonostante le difficoltà nel quantificare l'impatto dell'iniziativa C3S sulla povertà e sulla nutrizione attraverso l'MDPI e il FCS, è comunque consigliabile persistere nel monitoraggio di questi indici allo scopo di seguire tendenze più ampie, indipendentemente dall'intervento. Inoltre, il monitoraggio continuo di questi indici, anche su fasce specifiche della popolazione, consentirebbe di identificare i cambiamenti generali e/o particolari di essa, fornendo così una base di riferimento rispetto alla quale indirizzare gli interventi futuri. Inoltre, l'uso prolungato di questi indici garantisce che eventuali cambiamenti a lungo termine, positivi o negativi, siano documentati e compresi nel

contesto degli interventi in corso. Ad esempio, il fatto che la FCS mostri, in media, una dieta più che accettabile indica che il focus del progetto dovrebbe essere orientato principalmente verso interventi rivolti alle fasce più deboli della popolazione (bambini, donne e anziani), che in generale soffrono evidenti problemi di malnutrizione. Analogamente, l'MDPI ha mostrato ampie lacune nelle condizioni di vita standard delle famiglie, suggerendo che in futuro potrebbero essere concepiti e attuati interventi più specifici.

D'altra parte, la valutazione più accurata dei progressi fatti nello sviluppo agricolo dei beneficiari del progetto C3S e delle attività del centro pilota, che ha compreso sia l'ambito zootecnico (Livestock Index e numero di polli per famiglia) che quello agronomico (area a colture primarie e da reddito), ha – a differenza dei predetti indici – mostrato risultati incoraggianti, soprattutto riguardo le aree a colture primarie e lo sviluppo delle colture da reddito, a dimostrazione che – sebbene a livello generale l'impatto sia poco visibile – nello specifico ambito qualche lieve passo in avanti è stato fatto. Infine, appare evidente che per ottenere miglioramenti più consistenti e ingrandire ulteriormente le superfici di lavoro, sia necessaria l'introduzione di una discreta meccanizzazione. Le attività di associazionismo agricolo, introdotte dal Progetto C3S per formare gruppi di agricoltori in grado di condividere lavoro e risorse, sebbene ad oggi non mostrino ancora progressi quantificabili, puntano proprio in questa direzione. L'introduzione di macchinari volti a rendere più rapido ed efficiente il lavoro nei campi, il formarsi di gruppi di vendita capaci di spuntare prezzi migliori per i prodotti, l'evoluzione auspicata in cooperative agricole organizzate, sono tutti passaggi che il formarsi di gruppi associativi (Self Help Group) può favorire. Tutto ciò, insieme al superamento della già citata agricoltura tradizionale, faciliterebbe, infatti, l'accoglimento delle innovazioni, oltre che una sempre maggiore indipendenza del Centro Pilota e dei suoi beneficiari dagli aiuti economici che attualmente il Progetto C3S continua ad erogare. Studi futuri saranno indirizzati a riguardo, per comprenderne l'impatto e la veridicità delle ipotesi.

5.6 Appendice A – Questionario utilizzato per la raccolta dati

MultiDimensional Poverty Index

Educazione:

1. Qualche membro della famiglia ha completato almeno sei anni di scuola?

1. Sì	2.No
-------	------

2. C'è qualche bambino in età scolare che non frequenta la scuola?

1. Sì	2.No
-------	------

Salute:

3. È morto qualche bambino in famiglia negli ultimi cinque anni?

1. Sì	2.No
-------	------

4. C'è qualche membro della famiglia che ha sofferto di malnutrizione negli ultimi cinque anni?

1. Sì	2.No
-------	------

4b. Se sì, quale tipologia di malnutrizione?

1. Anemia	2. Arresto della crescita	3. Sprecare
-----------	---------------------------	-------------

Tenore di vita:

5. Nella casa in cui abitate è presente l'elettricità?

1. Sì	2.No
-------	------

6. La casa in cui abitate che tipo di sanitari ha?

1. WC con sciacquone	2. Latrina	3. Fossa ventilata	4. Toilette compostabile
----------------------	------------	--------------------	--------------------------

6b. Condividete questo sanitario con altre famiglie?

1. Sì	2.No
-------	------

7. Per quanto riguarda l'acqua potabile, la tua famiglia ha accesso?

A. All'interno della famiglia	B. Entro 30 minuti a piedi (andata e ritorno)
1. Rubinetto in casa	1. Rubinetto in casa
2. Rubinetto pubblico	2. Rubinetto pubblico
3. Pozzo con pompa	3. Pozzo con pompa
4. Pozzo protetto	4. Pozzo protetto
5. Sorgente protetta	5. Sorgente protetta
6. Serbatoio dell'acqua piovana	6. Serbatoio dell'acqua piovana

8. Per cucinare, utilizzate gas o elettricità?

1. Sì	2. No
-------	-------

9. Il pavimento dell'abitazione è realizzato con materiali diversi da quelli naturali (terra battuta)?

1. Sì	2. No
-------	-------

9b. La casa ha il tetto e le pareti costruite con materiali diversi da quelli classificati come naturali o rudimentali (bambù, pali di legno, paglia)?

1. Sì	2. No
-------	-------

10. La famiglia dispone di uno dei seguenti beni?

1. Radio	2. TV	3. Telefono cellulare	4. Frigorifero
----------	-------	-----------------------	----------------

10b. C'è qualche componente della famiglia che dispone di uno dei seguenti mezzi di trasporto?

1. Bicicletta	2. Moto	3.....
---------------	---------	--------

Food Consumption Score e nutrizione

11. Quanti giorni nell'ultima settimana la tua famiglia ha mangiato almeno uno degli alimenti inclusi nelle seguenti categorie?

Categorie di alimenti	GIORNI (0-7 giorni)	Rispetto a cinque anni fa, il consumo è ora:		
		1.Minore	2. Lo stesso	3.Maggiore
A. Alimenti base (riso, colocasia, patate, patate dolci, banane)				
B. Legumi (chana, piselli, fagioli, anacardi, arachidi, sesamo, daal, fagioli dall'occhio)				
C. Ortaggi (a foglia, bambù, zucca amara, cetriolo, carota, pomodoro, cavolfiore)				
D. Frutta (limone, arancia dolce, guava, ananas, melone, mango, jackfruit, papaia)				
E. Carne e pesce (pollame, maiale, manzo, uova, pesce, capra)				
F. Latticini (latte, yogurt, altri prodotti lattiero-caseari)				
G. Dolci (zucchero, caramelle, biscotti)				
H. Grassi (olio di arachidi/senape)				
I. Condimenti (sale, curcuma, peperoncini freschi, zenzero, pepe)				

12. Utilizzate, in casa, filtri per depurare l'acqua potabile?

1. Sì	2.No
-------	------

12b. Se sì, che tipo di filtro utilizzate?

1. Filtro in ceramica	2. Filtro a membrana	3. Filtro a sabbia lento	4.....
-----------------------	----------------------	--------------------------	--------

Domande a tema agricolo

13. Quanti dei seguenti animali possiede la vostra famiglia (in media durante l'anno)?

Animale	Ora	cinque anni fa
A. Suini		
B. Mucche		
C. Buoi		
D. Altri bovini		
E. Capre		
F. Polli o altro pollame		

14. C'è qualche membro della famiglia che possiede dei terreni agricoli?

1. Sì	2.No
-------	------

14b. In caso affermativo, il terreno è di proprietà di:

1. Un uomo	2. Una donna
------------	--------------

14c. Indicare quali di queste colture sono coltivate e quante bighas per ciascuna:

Terra	Bighas
A. Riso	
B. Orticoltura	
C. Alberi da frutto	
D. Alberi per colture da reddito	
E. Alberi per areca nut	

15. Negli ultimi 5 anni – a parte il Covid – avete modificato il modo di coltivare le colture abituali (es. riso, orticoltura, alberi da frutto...)?

1. Sì	2. No
-------	-------

15b. In caso affermativo, con quale metodo?.....

16. In caso affermativo alla domanda 15, prevedete di mantenere o migliorare ulteriormente questi nuovi metodi?

1. Sì	2. Forse	3. No
-------	----------	-------

16b. Se forse o no, perché?.....

17. La quantità di acqua utilizzata nelle attività produttive delle famiglie (ad esempio, l'irrigazione nell'orticoltura invernale) è aumentata negli ultimi cinque anni?

1. Sì	2.No, è rimasto più o meno lo stesso	3.No, è diminuito
-------	--------------------------------------	-------------------

18. Sono stati utilizzati prodotti chimici (fertilizzanti, pesticidi consentiti nell'agricoltura biologica) nell'attività produttiva agricola della famiglia, negli ultimi 5 anni?

1. Sì	2.No
-------	------

19. Nei prossimi anni pensi di:

1. Utilizzarli come ora	2.Aumentarne l'uso	3.Diminuirne l'uso
-------------------------	--------------------	--------------------

20. Pensi che sia possibile intensificare le coltivazioni della tua azienda agricola (aumentando gli strumenti tecnologici)?

1. Sì	2.No
-------	------

20b. Se sì, su quale coltura vorreste attuare questa intensificazione?

1. Alberi da frutto	2. Gomma	3. Areca nut	4. Pepe	5. Oricoltura invernale	6.....	7.....
---------------------	----------	--------------	---------	-------------------------	--------	--------

21. Pensi che sia possibile intensificare (aumentando gli strumenti tecnologici) l'allevamento degli animali della tua azienda agricola?

1. Sì	2.No
-------	------

21b. Se sì, su quale animale vorreste attuare questa intensificazione?

1. Suini	2. Bovini (mucche, buoi, altri bovini)	3. Capre	4. Polli o altro pollame	5.....	6.....
----------	--	----------	-----------------------------	--------	--------

Domande socio-economiche

22. A quale tipo dei seguenti gruppi di auto-aiuto partecipa la tua famiglia:

1. Coltivazione comune	2. Allevamento di animali	3. Trasformazione- produzione alimentare	4. Sartoria	5. Artigianato	6.Nessuno
---------------------------	------------------------------	--	-------------	----------------	-----------

22b. Qual è la tua opinione sulla partecipazione della tua famiglia ad un gruppo di auto-aiuto (su una scala da 1 a 5, 1 molto negativo; 5 molto positivo)?

Specificare quale

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Se la tua famiglia partecipa a più di un gruppo di auto-aiuto, specifica l'altro e dai la tua opinione in merito (Su una scala da 1 a 5, 1 molto negativo; 5 molto positivo)

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

22c. Qual è la tua opinione riguardo un'ulteriore estensione dell'organizzazione del gruppo di auto-aiuto ad altre attività (su una scala da 1 a 5, 1 molto negativo; 5 molto positivo)?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

23. Qual è il ruolo delle donne nella maggior parte delle attività produttive della famiglia?

Specificare le principali attività produttive

1.Partecipano alle decisioni che incidono sulla gestione di tali attività	2. Prendono parte a queste attività, ma non prendono decisioni	3. Non sono coinvolte in queste attività
---	--	--

24. Qual è il ruolo degli uomini nella maggior parte delle faccende domestiche?

1.Partecipano alle decisioni che incidono sulla gestione di tali attività	2. Prendono parte a queste attività, ma non prendono decisioni	3. Non sono coinvolti in queste attività
---	--	--

25. Nel prossimo futuro, immagini che la partecipazione delle donne alla gestione delle attività produttive sarà:

1. Aumentato	2. Più o meno lo stesso	3. Diminuito
--------------	-------------------------	--------------

26. Nel prossimo futuro, immagini che la partecipazione degli uomini alla gestione delle attività produttive sarà:

1. Aumentato	2. Più o meno lo stesso	3. Diminuito
--------------	-------------------------	--------------

27. Hai notato, al di là del periodo Covid, un aumento del reddito monetario della tua famiglia negli ultimi anni?

1. Sì	2. No, è rimasto più o meno lo stesso	3. No, è diminuito
-------	---------------------------------------	--------------------

28. Se sì, come è stato utilizzato il reddito aggiuntivo (sono possibili più risposte)?

1. Consumo	2. Risparmio	3. Investimenti
------------	--------------	-----------------

Demografiche

Informazioni sull'intervistato

29. Indicare il villaggio di residenza.....

30. Genere dell'intervistato:

1. Maschio	2. Femmina	3. Altro
------------	------------	----------

31. L'intervistato è il capofamiglia?

1. Sì	2.No
-------	------

32. In caso contrario, indicare il rapporto tra l'intervistato e il capofamiglia:

1. Coniuge	2. Figlio	3. Figlia	4. Fratello	5. Sorella	6. Madre	7. Padre	8. Altro.....
---------------	--------------	-----------	----------------	---------------	----------	----------	---------------

33. Anno di nascita dell'intervistato

34. La famiglia partecipa alle attività del Progetto C3S?

1. Sì	2. No
-------	-------

35. Occupazione principale negli ultimi dodici mesi (è possibile sceglierne più di una):

35b. Studente

1. Sì	2. No
-------	-------

35c. Impiegato

1. Sì	2.No, vai alla domanda 36
-------	---------------------------

35d. L'intervistato ha lavorato per qualsiasi tipo di retribuzione (denaro, baratto o risorse) negli ultimi 12 mesi?

1.Sì, vai a 35e	2.No
-----------------	------

35e. Chi è stato il datore di lavoro?

1. Governo centrale	2. Governo locale	3. Cooperativa	4. ONG	5. Organizzazione internazionale	6. Partito politico	7. Organizzazione religiosa	8. Settore privato	9. Altro
---------------------	-------------------	----------------	--------	----------------------------------	---------------------	-----------------------------	--------------------	----------------

35f. L'intervistato riceve uno stipendio in denaro?

1. Sì	2.No
-------	------

36. L'intervistato ha un'attività?

1. Sì	2.No, vai a 36e
-------	-----------------

36b. Tu o qualsiasi altro membro della famiglia siete i proprietari dell'attività?

1. Sì	2. No
-------	-------

36c. Quante persone al di fuori della famiglia lavorano in questa attività?

1. Zero	2. Altro numero.....
---------	----------------------

36d. Dove ha la sua attività l'intervistato?

1. Casa	2. Struttura attaccata alla casa	3. Chiosco fisso – nel mercato	4. Chiosco temp. - nel mercato	5. Chiosco fisso – in strada	6. Chiosco temp. - in strada	7. Altra struttura Temp.	8. Cantiere	9. Abitazione del cliente/datore di lavoro	10. Mobile
---------	----------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	------------------------------	------------------------------	--------------------------	-------------	--	------------

36e. L'intervistato è disoccupato (solo se ha risposto no a domande 35 e 36)

1. Sì	2.No
-------	------

Note (indicare Genere, Età e Occupazione degli altri membri della famiglia)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5.7 Appendice B – Modelli utilizzati per valutare l’impatto del Progetto C3S

Tabella I: Modelli utilizzati per valutare l’impatto del progetto sul MultiDimensional Poverty Index (MDPI) familiare, con stima IPW e DR

ZxMDPI	village	age_head	family_n	employed_head	own_business_head	animals_n	primary_crop_area	cash_crop_area	intercetta	stima	sign 0,05	sign 0,1
IPW1	X	X	X	X		X	X	X	4	0,2	no	no
DR1	X	X	X	X		X	X	X		0,3	no	no
IPW2		X	X	X		X	X	X	4	0,2	no	no
DR2		X	X	X		X	X	X		0,2	no	no
IPW3	X	X	X			X	X	X	4	0,3	no	no
DR3	X	X	X			X	X	X		0,3	no	yes
IPW4	X	X	X				X	X	4	0,3	no	no
DR4	X	X	X				X	X		0,3	no	no
IPW5	X		X				X	X	4	0,3	no	no
DR5	X		X				X	X		0,3	no	no
IPW6	X	X	X	X			X	X	4	0,2	no	no
DR6	X	X	X	X			X	X		0,3	no	no
IPW7	X	X	X	X		X	X	X	4	0,2	no	no
DR7	X	X	X	X		X	X	X		0,3	no	no
IPW8		X	X	X		X	X	X	4	0,2	no	no
DR8		X	X	X		X	X	X		0,3	no	no
IPW9	X	X	X			X	X	X	4	0,2	no	no
DR9	X	X	X		X	X	X	X		0,3	no	no

Tabella II: Modelli utilizzati per valutare l'impatto del progetto sul Food Consumption Score (FCS) familiare, con stima IPW e DR

ZXFCS	village	age_head	family_n	employed_head	own_business_head	animals_n	primary_crop_area	cash_crop_area	intercetta	stima	sign 0,05	sign 0,1
IPW1		X	X	X		X	X	X	60,5	6,6	yes	yes
DR1		X	X	X		X	X	X		6,6	no	yes
IPW2		X	X	X	X		X	X	60,7	5,8	no	yes
DR2		X	X	X	X		X	X		5,8	no	yes
IPW3		X	X	X			X	X	60,4	6,6	yes	yes
DR3		X	X	X			X	X		6,5	no	yes
IPW4		X		X		X	X	X	60,3	6,5	yes	yes
DR4		X		X		X	X	X		6,4	no	yes
IPW5		X		X	X	X	X	X	60,5	5,9	no	yes
DR5		X		X	X	X	X	X		6	no	no
IPW6				X	X	X	X	X	60,5	5,8	no	yes
DR6				X	X	X	X	X		5,7	no	no
IPW7		X	X	X		X	X	X	60,7	5,9	no	yes
DR7		X	X	X	X	X	X	X		6	no	no
IPW8	X	X	X	X	X	X	X	X	61,5	3,7	no	no
DR8	X	X	X	X	X	X	X	X		3,8	no	no

Tabella III: Modelli utilizzati per valutare l’impatto del progetto sul Livestock Index (LI) familiare, con stima IPW e DR

ZxLI	village	age_head	family_n	employed_head	own_business_head	primary_crop_area	cash_crop_area	mdp_index	intercetta	stima	sign 0,05	sign 0,1
IPW1	x	x	x	x	x	x	x	x	1,4	0,1	no	no
DR1	x	x	x	x	x	x	x	x	1,3	0,1	no	no
IPW2			x	x	x	x	x		1,3	0,1	no	no
DR2			x	x	x	x	x		1,3	0,1	no	no
IPW3				x	x	x	x	x	1,3	0,1	no	no
DR3				x	x	x	x	x	1,3	0,1	no	no
IPW4				x		x	x	x	1,3	0,2	no	no
DR4				x		x	x	x	1,3	0,2	no	no
IPW5						x	x	x	1,3	0,2	no	no
DR5						x	x		1,3	0,2	no	no
IPW6						x	x		1,3	0,2	no	no
DR6						x	x		1,3	0,2	no	no
IPW7			x			x	x	x	1,3	0,2	no	no
DR7			x			x	x	x	1,3	0,2	no	no
IPW8		x	x			x	x	x	1,3	0,2	no	no
DR8		x	x			x	x	x	1,3	0,2	no	no

Tabella IV: Modelli utilizzati per valutare l’impatto del progetto sul numero di polli (Polli) per famiglia, con stima IPW e DR

Z x Polli	village	age_head	family_n	employed_head	own_business_head	primary_crop_area	cash_crop_area	mdp_index	intercetta	stima	sign 0,05	sign 0,1
IPW1		X	X	X	X	X	X		10,2	-0,3	no	no
DR1		X	X	X	X	X	X		10,5	-0,7	no	no
IPW2	X			X	X	X	X	X	10,5	-0,9	no	no
DR2	X			X	X	X	X	X	10,5	-1,3	no	no
IPW3	X			X	X	X	X		10,5	-0,9	no	no
DR3	X			X	X	X	X		10,5	-1,3	no	no
IPW4	X		X		X	X	X		10,4	-0,9	no	no
DR4	X		X		X	X	X		10,4	-1,1	no	no
IPW5	X	X	X	X	X	X	X	X	10,2	-0,7	no	no
DR5	X	X	X	X	X	X	X	X	10,2	-1,4	no	no

Tabella V: Modelli utilizzati per valutare l’impatto del progetto sull’area familiare coltivata a colture primarie (PCA), con stima IPW e DR

Z x PCA	village	age_head	family_n	employed_head	own_business_head	livestock_index	cash_crop_area	mdp_index	intercetta	stima	sign 0,05	sign 0,1
IPW1	X	X	X	X	X	X	X	X	1,6	0,7	no	yes
DR1	X	X	X	X	X	X	X	X	1,5	0,1	no	no
IPW2			X	X	X	X	X	X	1,5	0,8	no	yes
DR2			X	X	X	X	X	X	1,6	0,6	no	no
IPW3			X			X	X	X	1,6	1	yes	yes
DR3			X			X	X	X	1,6	0,9	yes	yes
IPW4	X		X	X		X	X	X	1,6	0,8	no	yes
DR4	X		X	X		X	X	X	1,6	0,2	no	no
IPW5		X	X	X		X	X	X	1,5	1	yes	yes
DR5		X	X	X		X	X	X	1,5	0,7	no	yes
IPW6		X	X	X	X	X	X	X	1,5	0,7	no	yes
DR6		X	X	X	X	X	X	X	1,5	0,5	no	no
IPW7		X	X			X	X	X	1,6	1	yes	yes
DR7		X	X			X	X	X	1,6	0,9	no	yes
IPW8		X				X	X	X	1,5	1	yes	yes
DR8		X				X	X	X	1,5	0,9	no	yes
IPW9		X		X		X	X	X	1,5	1	yes	yes
DR9		X		X		X	X	X	1,5	0,7	no	yes

Tabella VI: Modelli utilizzati per valutare l’impatto del progetto sull’area familiare coltivata a colture da reddito (CCA), con stima IPW e DR

Z x CCA	village	age_head	family_n	employed_head	own_business_head	fts	livestock_index	primary_crop_area	intercetta	stima	sign 0,05	sign 0,1
IPW1	X	X	X	X	X	X	X	X	2,5	0,9	no	yes
DR1	X	X	X	X	X	X	X	X	2,6	0,6	no	no
IPW2		X	X	X	X	X	X	X	2,6	0,8	no	yes
DR2		X	X	X	X	X	X	X	2,5	0,7	no	no
IPW3		X	X			X	X	X	2,5	0,7	no	no
DR3		X	X			X	X	X	2,5	0,6	no	no
IPW4	X		X	X	X			X	2,5	0,9	yes	yes
DR4	X		X	X	X			X	2,6	0,6	no	no
IPW5	X			X	X			X	2,6	0,9	no	yes
DR5	X			X	X			X	2,6	0,7	no	no
IPW6			X	X	X			X	2,6	0,9	no	yes
DR6			X	X	X			X	2,6	0,8	no	no
IPW7				X	X			X	2,6	0,9	yes	yes
DR7				X	X			X	2,6	0,9	no	yes
IPW8				X	X	X		X	2,6	1	yes	yes
DR8				X	X	X		X	2,6	0,8	no	no
IPW9				X	X	X	X	X	2,6	0,8	no	yes
DR9				X	X	X	X	X	2,6	0,7	no	no
IPW10			X	X	X	X		X	2,6	0,9	no	yes
DR10			X	X	X	X		X	2,5	0,7	no	no
IPW11		X	X	X	X	X			2,5	1	yes	yes
DR11		X	X	X	X	X			2,5	1	no	yes
IPW12		X	X	X		X			2,5	1,1	yes	yes
DR12		X	X	X		X			2,6	1	yes	yes
IPW13				X	X	X			2,6	1,1	yes	yes
DR13				X	X	X			2,6	1,1	yes	yes

Tabella VII: Modelli utilizzati per valutare l’impatto del progetto sull’area familiare coltivata ad Areca nut (Areca), con stima IPW e DR

Z X Areca		village	age_head	family_n	employed_head	own_business_head	fts	livestock_index	primary_crop_area	Intercepta	stima	sign 0,05	sign 0,1
IPW1		X	X	X	X	X			X	2,1	0,4	no	no
DR1		X	X	X	X	X	X	X	X	2,2	0,2	no	no
IPW2				X	X	X	X	X	X	2,2	0,2	no	no
DR2				X	X	X	X	X	X	2,2	0,1	no	no
IPW3				X	X	X	X		X	2,2	0,2	no	no
DR3				X	X	X	X		X	2,1	0,1	no	no
IPW4				X	X	X			X	2,1	0,3	no	no
DR4				X	X	X			X	2,2	0,2	no	no
IPW5					X	X			X	2,2	0,3	no	no
DR5					X	X			X	2,2	0,2	no	no
IPW6		X	X		X	X			X	2,1	0,4	no	no
DR6		X	X		X	X			X	2,1	0,3	no	no
IPW7		X	X	X					X	2	0,4	no	no
DR7		X	X	X					X	2	0,3	no	no
IPW8		X		X					X	2	0,4	no	no
DR8		X		X					X	2	0,2	no	no
IPW9		X		X			X	X	X	2	0,4	no	no
DR9		X		X			X	X	X	2	0,2	no	no
IPW10		X		X			X		X	2	0,4	no	no
DR10		X		X			X		X	2,2	0,2	no	no
IPW11		X	X	X	X	X	X			2,2	0,3	no	no
DR11		X	X	X	X	X	X			2,2	0,2	no	no

Tabella VIII: Modelli utilizzati per valutare l’impatto del progetto sull’area familiare coltivata ad altre colture da reddito (WOP), con stima IPW e DR

Z x WOP	village	age_head	family_n	employed_head	own_business_head	fts	livestock_index	primary_crop_area	intercetta	stima	sign 0,05	sign 0,1
IPW1	X	X	X	X	X	X	X	X	0,4	0,2	no	no
DR1	X	X	X	X	X	X	X	X	0,3	0,1	no	no
IPW2		X	X	X	X	X	X	X	0,3	0,4	no	yes
DR2		X	X	X	X	X	X	X	0,3	0,4	no	yes
IPW3			X	X	X	X	X	X	0,3	0,4	no	yes
DR3			X	X	X	X	X	X	0,3	0,4	no	yes
IPW4			X	X	X			X	0,3	0,3	no	yes
DR4			X	X	X			X	0,4	0,4	no	yes
IPW5				X	X	X	X	X	0,4	0,4	no	yes
DR5				X	X	X	X	X	0,4	0,4	no	yes
IPW6		X		X	X	X	X	X	0,3	0,4	no	yes
DR6		X		X	X	X	X	X	0,3	0,4	no	yes
IPW7		X	X			X	X	X	0,3	0,4	no	yes
DR7		X	X			X	X	X	0,3	0,3	no	yes
IPW8		X	X	X		X		X	0,3	0,4	yes	yes
DR8		X	X	X		X		X	0,3	0,4	no	yes
IPW9		X	X	X	X	X		X	0,3	0,4	yes	yes
DR9		X	X	X	X	X		X	0,4	0,4	no	yes
IPW10		X	X	X	X			X	0,3	0,3	no	yes
DR10		X	X	X	X			X	0,3	0,4	no	yes
IPW11		X	X	X	X	X			0,3	0,5	yes	yes
DR11		X	X	X	X	X			0,3	0,5	yes	yes
IPW12		X	X	X	X				0,3	0,4	no	yes
DR12		X	X	X	X				0,3	0,4	no	yes
IPW13		X	X	X		X			0,3	0,5	yes	yes
DR13		X	X	X		X			0,3	0,5	yes	yes

5.8 Bibliografia

- About Meghalaya 2023. (31 October 2024). www.meghalaya.gov.in/about
- Abreu, I., & Mesias, F.J. (2020). The assessment of rural development: Identification of an applicable set of indicators through a Delphi approach. *Journal of Rural Studies*, vol. 80, pp. 578-585. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2020.10.045>
- Adeyanju, D., Mburu, J., Gituro, W., Chumo, C., Mignouna, D., Ogunniyi, A., Kehinde Akomolafe, J., & Ejima, J. (2023). Assessing food security among young farmers in Africa: evidence from Kenya, Nigeria, and Uganda. *Agricultural and Food Economics*, vol. 11(4). <https://doi.org/10.1186/s40100-023-00246-x>
- Alashwal, N., & Alashwal, A. (2023). Rural access programs in Yemen: delay of international funded road projects. *Engineering, Construction and Architectural Management*, vol. 30(4), pp. 1746-1767. <https://doi.org/10.1108/ECAM-09-2021-0818>
- Alkire, S., & Foster, J. (2009). *Counting and Multidimensional Poverty. The Poorest and Hungry: Assessment, Analysis and Actions*. Washington D.C.: Von Braun J.
- Alkire, S., & Foster, J. (2007). *Counting and Multidimensional Poverty Measurement*. Oxford Poverty and Human Development Initiative Working Paper 7.
- Alkire, S., & Santos, M.E. (2010). «Acute Multidimensional Poverty: A New Index for Developing Countries. Oxford Poverty and Human Development Initiative Working Paper 7.
- Asiwe, J.N.A. (2023). Impact of Water Research Commission Cowpea Project on the improvement of cropping system and nutrition of farmers in Limpopo province, South Africa. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, vol. 23(3), pp. 22770-22784. <https://doi.org/10.18697/ajfand.118.21995>
- Bandoowala, N., & Dabhi, M. (2023). Multidimensional Poverty Index of the Districts of Gujarat. *The Routledge Handbook of Poverty in the Global South*, Baikady, R., Gal, J.,

- Nadesan, V., Sajid, S.M., & Jianguo, G. pp. 555-583. London: Routledge India.
<https://doi.org/10.4324/9781032632391>
- Bao, Y., & Liao, T. (2024). Multidimensional poverty and growth: Evidence from India 1998–2021. *Economic Modelling*, vol. 130, n. 106586.
<https://doi.org/10.1016/j.econmod.2023.106586>
 - Behera, R. N., Kumar Nayak, D., Andersen, P., & Maren, I.E. (2016). From jhum to broom: Agricultural land-use change and food security implications on the Meghalaya Plateau, India. *Ambio* vol. 45, pp. 63-77. <https://doi.org/10.1007/s13280-015-0691-3>
 - Bertoni, G., a cura di. (2015). *Produzione e uso del cibo - Sufficienza, Sicurezza e Sostenibilità*. Milano: EGEA.
 - Bertoni, G., Tabaglio, V., Sckokai, P., Cocconcelli, P.S., Puglisi, E., Minardi, A., Ndereyimana, A., & Casale, M. (2019). Il progetto "Produzione di cibo appropriato: sufficiente, sicuro e sostenibile" (C3S) e sue prospettive. In *L'Università Cattolica del Sacro Cuore al servizio dei Paesi poveri: esperienze e prospettive*, di Bertoni, G., pp. 21-31, 33-43, 45-56, 113-117, 119-121. Milano: Vita e Pensiero.
 - Bhagat, D. (2021). Household Food Insecurity and the Nutritional Status of Children Aged 6–59 Months: Insights from Rural Indigenous Garo Tribes of Meghalaya, India. *Indian Journal of Agricultural Economics*, Vol. 76(3).
 - Blakeslee, D., Dar, A., Fishman, R., Malik, R., Pellegrina, H.S., & Bagavathinathan, H.S. (2023). Irrigation and the spatial pattern of local economic development in India. *Journal of Development Economics* Vol. 161, n. 102997. <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2022.102997>
 - Coates, J., Rogers, B.L., Webb, P., Maxwell, D., Houser, R., & McDonald, C. (2007). *Diet diversity study. World Food Programme report*. Roma: Emergency Needs Assessment Service.

- D'Amour, A., Ding, P., Feller, A., Lei, L., & Sekhon, J. (2021). Overlap in observational studies with high-dimensional covariates. *Journal of Econometrics* vol. 221(2), pp. 644-654. <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2019.10.014>
- de Maaker, E. (2020). Who Owns the Hills? Ownership, Inequality, and Communal Sharing in the Borderlands of India. *Asian Ethnology* vol. 79(2), pp. 357-375.
- Deaton, A. (2015). *La grande fuga. Salute, ricchezza e origini della disuguaglianza*. Bologna: Il Mulino.
- Directorate of animal husbandry & veterinary - Government of Meghalaya. (2017). Report on integrated sample survey for estimation of production milk, egg and meat - year 2015-16. Shillong: Government of Meghalaya.
- Fan, S., & Polman, P. (2014). An ambitious development goal: Ending hunger and undernutrition by 2025. In 2013 Global food policy report, di A. Marble & Fritschel, H., pp. 15-28. Washington: IFPRI. <https://doi.org/10.2499/9780896295629>
- FAO. (2011). Guidelines for the preparation of livestock sector reviews. *Animal Production and Health Guidelines (FAO)*, n. 5.
- FAO, IFAD, UNICEF, WFP, & WHO. (2023). *The State of Food Security and Nutrition in the World 2023. Urbanization, agrifood systems transformation and healthy diets across the rural–urban continuum*. Roma: FAO.
- FSIN, e GNAFC. (2017). *Global Report on Food Crises*. Rome: Food Security Information Network.
- FSIN, e GNAFC. (2024). *Global Report on Food Crises*. Rome: Food Security Information Network.
- Gogoi, N. (2020). The determinants of Multidimensional Poverty of the tea garden labour community of Dibrugarh district of Assam (India). *International Journal of Scientific & Technology Research* vol. 9(3), pp. 3990-3997.

- Haghparast-Bidgoli, H., Harris-Fry, H., Kumar, A., Pradhan, R., Kishore Mishra, N., Padhan, S., Kumar Ojha, A., Narayan Mishra, S., Fivian, E., James, P., Ferguson, S., Krishnan, S., O'Hearn, M., Palmer, T., Koniz-Booher, P., Danton, H., Minovi, S., Mohanty, S., Rath, S., Rath, S., Nair, N., Tripathy, P., Prost, A., Allen, E., Skordis, J. & Kadiyala, S. (2022). Economic Evaluation of Nutrition-Sensitive Agricultural Interventions to Increase Maternal and Child Dietary Diversity and Nutritional Status in Rural Odisha, India. *The Journal of Nutrition*, pp. 2255-2268. <https://doi.org/10.1093/jn/nxac132>
- Hernan, M. A., Brumback, B. & Robins, J.M. (2000). Marginal structural models to estimate the causal effect of zidovudine on the survival of HIV-positive men. *Epidemiology*, vol. 11, pp. 561-570. <https://doi.org/10.1097/00001648-200009000-00012>
- Hirano, K., Imbens, G.W., & Ridder, G. (2003). Efficient Estimation of Average Treatment Effects Using the Estimated Propensity Score. *Econometrica*, vol. 71(4), pp. 1161-1189. <https://doi.org/10.1111/1468-0262.00442>
- Hlasny, V., Niaz Asadullah, M., & Sabra, A. (2022). The Adoption of the Multidimensional Poverty Index in Developing Asia: Implications for Social Program Targeting and Inequality Reduction. *Jurnal Ekonomi Malaysia*, vol. 56(3), pp. 185-195. <http://dx.doi.org/10.17576/JEM-2022-5603-10>
- Hossain, M., Songsermsawas, T. & Toguem, R.H. (2023). The role of access to finance in disaster recovery: Evidence from coastal communities in India. *Journal of Agricultural Economics*, vol. 00, pp. 1-17. <https://doi.org/10.1111/1477-9552.12541>
- IIPS, & ICF. 2017. National Family Health Survey (NFHS-4), 2015-16: India. Mumbai: IIPS.
- Imbens, G.W., & Rubin, D.B. (2015). Causality: The Basic Framework. In *Causal inference for statistics, social, and biomedical sciences*, di Guido W. Imbens e Donald B. Rubin. Cambridge: Cambridge University Press.
- Jelliffe, D.B., & Jelliffe, E.F.P. (1989). *Community Nutritional Assessment*. New York: Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oso/9780192612182.001.0001>

- Kennedy, G., Berardo, A., Papavero, C., Horjus, P., Ballard, T., Dop, M.C., Delbaere, J., & Brouwer, I.D. (2010). Proxy measures of household food consumption for food security assessment and surveillance: comparison of the household dietary diversity and food consumption scores. *Public Health Nutrition*, vol. 13(12). <https://doi.org/10.1017/s136898001000145x>
- Lovon, M., & Mathiassen, A. (2014). Are the World Food Programme's food consumption groups a good proxy for energy deficiency?. *Food Security*, vol. 6, pp. 461-470. <https://doi.org/10.1007/s12571-014-0367-z>
- Madsen, S. (2022). Farm-level pathways to food security: beyond missing markets and irrational peasants. *Agriculture and Human Values*, vol. 39, pp. 135-150. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10460-021-10234-w>
- Marangoni, B. (2020). «Territorio e tematiche innovative compatibili con le aziende familiari locali.» *Oltre il cibo*. Firenze: Accademia dei Georgofili.
- Maredia, K.M., Hashini, D., Dissanayake, G., Freed, R., Madan, S., Mikunthan, G., Attorp, A., Patidar, N., Blanco-Metzler, H., Rajeswari Meka, R., & Gonsalves, J. (2023). Building sustainable, resilient, and nutritionally enhanced local food systems through home gardens in developing countries. *Development in Practice*, vol. 33(7), pp. 852-859. <https://doi.org/10.1080/09614524.2023.2218068>
- Melendres, C.N., Yong Lee, J., Kim, B., & Nayga Jr., R.M. (2022). Increasing yield and farm income of upland farmers: The case of Panay Island Upland Sustainable Rural Development Project in the Philippines. *Journal of Asian Economics*, vol. 82, n. 101524. <https://doi.org/10.1016/j.asieco.2022.101524>
- Mondal, M., Paul, S., Mukhopadhyay, A., Mandal, P., Chatterjee, U., Santra, S., Bhattacharya, S., & Paul, S. (2023). Evaluating rural poverty and livelihood diversification in the context of climate-induced extreme events in coastal area: Insights from Indian Sundarban. *Regional Studies in Marine Science*, vol. 67, n. 103191. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rsma.2023.103191>

- Morvaridi, B. (2014). Social safety nets and targeting mechanism in COMCEC member countries. Ankara: Turkish Ministry of Development.
- Murty, P.V.V.S., Rao, M.V., & Bamji, M.S. (2016). Impact of Enriching the Diet of Women and Children Through Health and Nutrition Education, Introduction of Homestead Gardens and Backyard Poultry in Rural India. *Agric Res*, vol. 5(2), pp. 210-217. <http://dx.doi.org/10.1007/s40003-016-0206-x>
- Nayak, N.C., Kishore Sahoo, B., Jenamani, M., Ranjan Mohanty, A., & Sen Chatterjee, R. (2021). Does Convergence of Rural Development Schemes Improve Household Welfare? An Investigation of Mahatma Gandhi National Rural Employment Guarantee Act in Odisha, India. *The Indian Journal of Labour Economics*, vol. 64, pp. 1023-1042. <http://dx.doi.org/10.1007/s41027-021-00343-9>
- NECS. (2015). Basic Statistics of North Eastern Region 2015. Shillong: Directorate of Printing & Stationary, Government of Meghalaya.
- Nongbri, B., Singh, R., Feroze, S.M., Devarani, L., & Hemochandra, L. (2021). Food and Nutritional Security of Farm Households in Meghalaya: A Food Basket Approach Using Temporal and Spatial Analysis. *Indian Journal of Agricultural Economics*, Vol. 76(2). <http://dx.doi.org/10.63040/25827510.2021.02.006>
- Nzamujo, G.S. (2002). *Quand l'Afrique relève la tête*. Paris: Les Editions du Cerf.
- OPHI, & UNDP. (2023). Global Multidimensional Poverty Index 2023 Unstacking global poverty: Data for high impact action. New York; Oxford: OPHI & UNDP.
- Ouko, E.M. (2018). Contextualising integrated conservation and development projects: Restoring the lost 'harambee' link in Kenya. *Geoforum*, vol. 92, pp. 81-91. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2018.04.002>

- Peng, J., Zhao, Z., & Chen, L. (2022). The Impact of High-Standard Farmland Construction Policy on Rural Poverty in China. *Land*, vol. 11, n. 1578. <https://doi.org/10.3390/land11091578>
- Rose, D., Chotard, S. & Oliveira, L., Mock, N., & Libombo, M. (2008). Comparative evaluation of dietary indicators used in food consumption assessments of at-risk populations. *Food Nutrition Bulletin*, vol. 29, pp. 113-122. <https://doi.org/10.1177/156482650802900205>
- Roy, A., Dkhar, D.S., Tripathi, A.K., Uttam Singh, N., Kumar, D., Das, S.K., & Debnath, A. (2014). Growth Performance of Agriculture and Allied Sectors in the North East India. *Economic Affairs*, vol.59, pp. 783-795.
- Ruel, M.T. (2003). Operationalizing dietary diversity: a review of measurement issues and research priorities. *Nutrition Journal*, vol. 133(11), suppl. 2, pp. 3911S-3926S. <https://doi.org/10.1093/jn/133.11.3911s>
- Silva, J.A., & Mosimane, A.W. (2012). Conservation-Based Rural Development in Namibia: A Mixed-Methods Assessment of Economic Benefits. *Journal of Environment & Development*, vol. 22(1), pp. 25–50. <http://dx.doi.org/10.1177/1070496512469193>
- Singh, S., Jones, A.D. & Jain, M. (2020). Regional differences in agricultural and socioeconomic factors associated with farmer household dietary diversity in India. *PLoS ONE*, vol. 15(4), n. e0231107. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231107>
- Steinke, J., Teklegiorgis Habtemariam, L., Kubitz, C., Maczek, M., Altincicek, B. e Sieber, S. (2023). Stronger Food and Nutrition Security Impacts from More Intense Project Participation: Evidence from a Multi-Country Intervention Program. *The Journal of Development Studies* Vol. 59(6), pp. 873-893. <https://doi.org/10.1080/00220388.2023.2182684>
- Teotia, R.S., Sathianarayana, K., Rajshekar, K., Goel, R.K., & Rao Krishna, J.V. (2003). UNDP assistance in development of eri culture. *Indian Silk*, vol. 41(12), pp. 13-18.

- Tighsazzadeh, M.N., & Malekpourasl, B. (2023). Assessing Multidimensional Poverty Index in Coastal Regions: Implications for the Makran Region of Iran. *The Review of Regional Studies*, vol. 53, pp. 43-58.
- Tojo-Mandaharisoa, S., Steinke, J., Randrianarison, N., Kubitza, C., Konzack, A., Rafanomezantsoa, A.S., Randriamampionona, D., Sieber, S. & Adriamaniraka, H. (2022). Assessing Farmers' Diverse Preferences and Expectations for Tailoring Food and Nutrition Security Interventions in Southeastern Madagascar. *Current Developments in Nutrition*, vol. 6, n. 142. <http://dx.doi.org/10.1093/cdn/nzac142>
- Tripathi, A.K., Uttam Singh, N., Yumnam, A., Roy, A., Dangi, D., Debroy, P. & Sinha, P.K. (2019). Production and consumption pattern of livestock products in Meghalaya and its implications in development of market strategies for the state producers. *Indian Journal of Animal Sciences*, vol. 89(1), pp. 113-116. <http://dx.doi.org/10.56093/ijans.v89i1.86396>
- Tyngkan, H., Singh, S.B., Nongbri, B., Lyngkhoi, D.R. & Gogoi, J. (2021). A Comparative Analysis of Pre and Post Watershed Development Programme: A Case Study of Umngoh Watershed in Ri-Bhoi District of Meghalaya. *Indian Journal of Economics and Development* vol. 17(3), pp. 584-590.
- UNDP, & OPHI. (2019). How to Build a National Multidimensional Poverty Index (MPI): Using the MPI to inform the SDGs.
- United Nations. (2015). The 17 Goals. September. (2 September 2024). <https://sdgs.un.org/goals>
- Venkatraja, B. (2019). Are SHGs catalysts of inclusive sustainable rural development? Impact assessment of SKDRDP interventions in India. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, vol. 26(4), pp. 302-312. <http://dx.doi.org/10.1080/13504509.2019.1579766>
- WFP. (2009). Comprehensive Food Security & Vulnerability Analysis Guidelines. Roma: World Food Programme.

- WFP. (2007). Food Consumption Analysis: Calculation and Use of the Food Consumption Score in Food Consumption and Food Security Analysis. Technical Guidance Sheet. Roma: World Food Programme.
- Wiesmann, D., Bassett, L., & Benson, T. (2009). Validation of the World Food Programme's Food Consumption Score and Alternative Indicators of Household Food Security. International Food Policy Research Institute paper n. 00870.
- Wilson, J. (2017). Paradoxical Utopia: The Millennium Villages Project in Theory and Practice. Journal of Agrarian Change, Vol 17(1), pp. 122-143.
<https://doi.org/10.1111/joac.12133>

6. Conclusioni generali

Lo scopo principale di questo lavoro di ricerca era analizzare gli aspetti nutrizionali e agronomici della Food Security nei Paesi a Basso Reddito (PBR), con focus particolare sui centri di sviluppo rurale istituiti in Africa sub-sahariana e India nell'ambito del "Progetto C3S – Produzione di Cibo Appropriato: Sufficiente, Sicuro e Sostenibile", attivato dall'Università Cattolica del Sacro Cuore (sede di Piacenza) e finanziato dalla Fondazione Romeo ed Enrica Invernizzi. Partendo dallo studio delle situazioni e del contesto delle aree rurali in cui sono stati attivati specifici Centri pilota, sono emerse due ipotesi per, rispettivamente, il miglioramento dello stato di nutrizione infantile e l'intensificazione produttiva in ambito agronomico: lo sviluppo di un biscotto RUSF a basso costo e la messa a punto di un sistema di coltivazione fuori suolo, secondo la metodologia bioponica. Una terza esperienza ha riguardato la valutazione del livello di impatto sul benessere familiare indotto dagli interventi e da varie attività portate avanti in dieci anni presso il centro pilota di Darenchigre, West Garo Hills, Meghalaya (India).

La prima ipotesi, riguardante lo sviluppo e la caratterizzazione chimico-fisica di una ricetta di un biscotto RUSF a basso costo, adatto dunque alla creazione di un piccolo business produttivo nei PBR, si è mostrata promettente per la prevenzione e cura della malnutrizione dei bambini nella fascia di età 2 - 5 anni. Nonostante l'esclusione di materie prime nutrizionalmente ricche come il latte e i suoi derivati; infatti, le integrazioni proteica e lipidica si sono dimostrate all'altezza di prodotti simili utilizzati da governi e ONG per scopi analoghi. La prova di stabilità ha inoltre mostrato una buona resistenza delle caratteristiche fisiche dei prodotti. Lo sviluppo futuro sarà la valutazione dell'impatto nutrizionale del prodotto tramite una prova che sarà svolta presso il distretto sanitario di Kiremba (Burundi), di cui nell'appendice del capitolo di riferimento si è riportato il piano sperimentale.

La seconda proposta ha riguardato lo sviluppo di un sistema di coltivazione bioponica semplificato per la coltivazione di orticole, tramite l'utilizzo di digestato vegetale e pollina macinata; ciò al fine di poterlo promuovere nei Centri pilota del progetto, come via per l'intensificazione produttiva delle piccole aziende familiari. Nonostante ci siano dei limiti da superare, ha mostrato di essere una via percorribile; infatti, dal confronto tra idroponica e bioponica, è emerso che la resa fresca e i macroelementi testati (N, P, K) sono significativamente inferiori per tutte e tre le orticole testate: basilico, catalogna e lattuga, nel caso della bioponica. Tuttavia, le distanze con un sistema idroponico appaiano colmabili con lievi e mirate integrazioni di nutrienti; ciò almeno nel caso di un sistema in

serra italiana, pertanto adeguando le tecnologie al contesto dei PAR. Nel caso dei PBR, al di là della soluzione nutritiva bioponica per essi ipotizzata, la sfida futura sarà infatti l'organizzazione del contesto per lo stoccaggio delle deiezioni animali e dei residui vegetali, oltre che il loro utilizzo funzionale all'interno della soluzione nutritiva. Inoltre, si dovrà adattare il sistema di coltivazione fuori suolo ai centri pilota C3S, tenendo conto delle possibilità locali; quindi, utilizzando metodologie meno sofisticate e materiali ivi reperibili per la costruzione delle strutture e dei supporti per le colture.

Il terzo tema di ricerca ha riguardato la valutazione dell'impatto del Progetto C3S, inteso come possibile modello di sviluppo per le aree rurali dei PBR, nel centro pilota di Darenchigre, dopo dieci anni di attività. Si sono utilizzati come indicatori il Multidimensional Poverty Index e il Food Consumption Score, oltre che i principali dati agricoli dei nuclei familiari. Nel complesso, essi hanno permesso di ottenere un quadro chiaro di quanto è migliorato e di quanto necessita di ulteriore potenziamento. Il MDPI ha mostrato che sia i nuclei familiari che hanno usufruito dei servizi del progetto, sia quelli che invece non se ne sono avvalsi rimangono ampiamente sotto la soglia di povertà indicata dall'indice. Su questo responso negativo ha sicuramente influito la diffusa condizione di vita dell'area – legata soprattutto alla tipologia delle abitazioni e dei servizi – fattori su cui il centro pilota C3S non ha lavorato nello specifico ma su cui potrebbe focalizzarsi nelle future attività. Al contrario il FCS ha indicato che in entrambi i gruppi, campione trattato e controllo, è presente una variabilità e quantità della dieta ampiamente accettabili; tuttavia, con valori superiori per le famiglie beneficiarie del progetto, seppur di poco. Si deve altresì aggiungere che il FCS considera il nucleo familiare nel suo complesso e non i singoli individui, per cui la presenza di problematiche nutrizionali sui singoli soggetti può essere difficile da evidenziare per esso. Al tal riguardo la malnutrizione infantile o l'anemia nelle fasce più fragili (bambini, donne in età fertile, anziani) sono ancora tematiche decisamente rilevanti nel territorio, su cui il centro pilota C3S dovrà continuare ad agire.

Infine, per quanto riguarda gli aspetti agricoli, dove si è focalizzata la maggior parte delle attività del centro pilota, si possono notare i risultati più interessanti: le aree dedicate sia alle colture primarie che a quelle da reddito sono significativamente superiori per i nuclei familiari che hanno beneficiato del progetto. Questo risultato è decisamente positivo, dato che indica un migliore utilizzo della terra assegnata dal Nokma (Capo tribù) al nucleo familiare; ciò nonostante, le proposte di miglioramento in termini di tecniche, modalità e sementi sono ancora lontane dalla completa ed effettiva assimilazione da parte della popolazione. Questo gap di sviluppo è ancora più evidente per il settore zootecnico, dove l'introduzione di nuove tecniche o di nuove razze, come ad esempio i pulcini di razza migliorata, distribuiti per promuovere la produzione di uova, non ha ancora portato differenze rilevanti tra chi ha beneficiato delle attività del centro pilota C3S e il resto della popolazione.

In conclusione, come già detto nel Capitolo 4, i miglioramenti più sensibili potranno derivare da un effettivo incremento della meccanizzazione in ambito agricolo, oltre che da una positiva evoluzione dell'associazionismo agricolo, entrambe promosse dal centro pilota, ma attualmente non ancora adeguati; studi successivi potranno poi essere implementati per valutarne l'impatto.