



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

Allegato alla Delib.G.R. 49/46 del 17.12.2021

Assessorato della Difesa dell'Ambiente
Assessorato dell'Agricoltura e Riforma Agro-Pastorale

Linee guida

PER L'INDIVIDUAZIONE DELLE MISURE DI CONTENIMENTO E DI CONTRASTO ALLA DIFFUSIONE DEL FENOMENO DELLE INFESTAZIONI ACRIDICHE IN SARDEGNA



Premessa

Nel corso degli ultimi anni (2019-2021) si sono verificate nella provincia di Nuoro consistenti infestazioni di cavallette, causate dalla specie *Doclostaurus maroccanus* (Thunberg, 1815), ortottero della famiglia Acrididae comunemente noto come “**locusta del Marocco**” o “**grillastro crociato**”. Si tratta della specie a cui sono storicamente imputabili i gravissimi danni causati alle produzioni agricole nell'Italia meridionale e, in particolare, in Sardegna, dove l'ultima grande infestazione del dopoguerra (1946) ha interessato oltre 2/3 della superficie regionale.

Si tratta di una cavalletta di piccola taglia, la cui lunghezza varia dai 2 ai 3 cm, mentre il colore generale del corpo può assumere diverse tonalità di bruno. Le ridotte dimensioni non devono trarre in inganno, in quanto si tratta di un insetto estremamente dannoso quando presente in gran numero. Un carattere distintivo della specie è la presenza sul dorso di due strisce lineari chiare che disegnano una “X” (croce di S. Andrea), da cui il nome comune di cavalletta o grillastro crociato. Il suo areale di distribuzione corrisponde principalmente alle regioni circummediterranee ma si spinge fino all'Asia centrale ad est e alle Isole Canarie ad ovest.

In Sardegna l'insetto compie una sola generazione all'anno. Le uova svernano nel terreno. Le prime neanidi (stadi giovanili privi di ali dell'insetto) compaiono all'inizio della primavera. Le cavallette si sviluppano rapidamente, grazie alla loro voracità, dando origine all'insetto adulto alato nei primi mesi estivi. Subito dopo iniziano gli accoppiamenti e la deposizione delle uova. La femmina scava nel terreno con l'addome ed impasta particelle di terra con il secreto di particolari ghiandole annesse al suo sistema riproduttore (ghiandole colleteriche) formando un cilindretto consistente, detto **cannello** (scientificamente **ooteca**), che contiene 20-40 uova. La maggioranza delle ovideposizioni avviene in terreni compatti ed incolti, chiamati “grillare”. Queste ovideposizioni, in condizioni normali, persistono per tutto il resto dell'estate, l'autunno e l'inverno successivo, per schiudere nella primavera dell'anno seguente, dando origine alle nuove infestazioni. È anche evidente che **lo stadio di uovo è quello più vulnerabile, in quanto immobile ed esposto per lungo tempo a potenziali fattori biotici ed abiotici di contenimento.**

Considerazioni sulle infestazioni acridiche in Sardegna

I rapporti tra le cavallette e l'uomo sono sempre stati strettissimi nella nostra Isola. I documenti storici testimoniano portentose infestazioni almeno dal XVII secolo, con il culmine che è stato raggiunto nella prima metà del XX secolo. In conseguenza di queste frequenti infestazioni si svilupparono varie strategie di lotta, affiancate da una capillare azione di sensibilizzazione della popolazione nei confronti del problema cavallette ad opera dei principali enti coinvolti.

Tutte le strategie adottate durante la prima metà del XX secolo si basavano su una costante osservazione delle popolazioni di cavallette, in termini di epoca della schiusa, presenza e spostamento degli sciame, individuazione dei siti di ovideposizione, così da prevedere i possibili spostamenti e pianificare le azioni di lotta nelle annate successive. Purtroppo, questa attenta opera

di sorveglianza e di controllo, forse per il fatto che il problema si è riproposto in maniera molto meno grave a partire dagli anni '50 del secolo scorso, di fatto è stata abbandonata.

Il consistente ridimensionamento del problema è sicuramente ascrivibile al notevole sviluppo che, dalla fine degli anni '50 ad oggi, ha caratterizzato tutti i settori del mondo agricolo (principi attivi sempre più efficaci nel controllo degli insetti nocivi, mezzi meccanici con rendimenti operativi sempre più elevati, profonda modifica delle dinamiche di utilizzo del territorio), contribuendo a limitare le possibilità dell'insorgenza di consistenti infestazioni acridiche. Ha poi avuto un peso fondamentale l'introduzione di parassiti oofagi nemici delle cavallette a partire dal 1946 nel limitare le pullulazioni di questi insetti.

Ciò nonostante, periodicamente, si sono verificate e continuano a manifestarsi nuove invasioni, più o meno evidenti, come ad esempio nel 1988, nel 2004, oppure quelle degli ultimi anni. Questi eventi oltre ad arrecare danno alle coltivazioni possono anche arrecare disagi nelle aree rurali nelle zone periurbane e urbane.

Da qui la necessità di predisporre un **piano di prevenzione** che consenta di valutare con un certo anticipo l'incremento delle popolazioni di cavallette, con particolare riferimento al *Dociostaurus maroccanus*, ed allo stesso tempo di individuare i momenti più idonei per intraprendere gli eventuali interventi di contenimento.

Stato dell'arte

Le attuali conoscenze sul *D. maroccanus*, maggiore esponente degli ortotteri potenzialmente dannosi presenti nel territorio della Sardegna, si basano prevalentemente su studi effettuati nell'areale est di distribuzione di questa specie (Est europeo ed Asia). Queste aree geografiche presentano caratteristiche a volte molto diverse dalla nostra realtà isolana. Per i nostri ambienti la bibliografia di riferimento risale prevalentemente agli anni '30.

Il *D. maroccanus* è un insetto che sverna allo stadio di uovo all'interno delle ooteche, dette cannelli, deposte durante l'estate generalmente in terreni incolti, compatti, aridi e non soggetti a ristagni idrici. Dalle uova in primavera fuoriescono delle "preneanidi" che immediatamente mutano divenendo neanidi di prima età (L1). Attraverso altri cinque stadi (L2, L3, L4, L5), l'insetto raggiunge lo stadio adulto. Nel corso del suo sviluppo avviene anche la formazione delle ali, visibile esternamente (esopterigoti). Ma, la caratteristica che rende questa specie potenzialmente dannosa e che l'accomuna alle grandi specie di locuste africane, è la capacità di passare **da una fase solitaria ad una gregaria**, durante la quale si assiste ad una notevole aggregazione di individui con la formazione di veri e propri sciame che durante gli spostamenti divorano tutta la vegetazione che incontrano. I passaggi di fase, da solitaria a gregaria e viceversa, avvengono attraverso fasi intermedie dette rispettivamente *transiens congregans* e *transiens dissocians*. Ciascuna delle quattro fasi, che caratterizzano la dinamica di popolazione del *D. maroccanus*,

evolve in più anni e quindi in più generazioni. È possibile individuare ogni singola fase valutando una serie di parametri morfologici e bio-etologici:

- densità delle neanidi e degli adulti;
- grado di aggregazione degli individui;
- densità delle ooteche per unità di superficie;
- caratteri morfometrici degli adulti;
- superficie occupata dalla popolazione acridica.

Il cardine delle moderne strategie di controllo del grillastro crociato e di tutte le locuste in genere è rappresentato da un **monitoraggio costante delle popolazioni acridiche**, attraverso il quale sono rilevati tutti gli elementi che consentiranno di effettuare una previsione attendibile della consistenza futura delle popolazioni stesse. Vengono individuati innanzitutto i siti preferenziali di ovideposizione e vengono determinati, durante tutto l'arco dell'anno e per tutti gli stadi di sviluppo dell'insetto, i parametri necessari per definire la fase biologica in cui si trova una determinata popolazione. I dati ottenuti da ooteche, stadi giovanili e adulti, sono integrati con quelli riguardanti la vegetazione presente, il suolo, ed il clima.

La vegetazione è un elemento indispensabile per caratterizzare l'ambiente dove vivono le cavallette. Oltre a svolgere la funzione alimentare essa è in grado di influenzare le modificazioni fasarie a seconda della sua composizione floristica e soprattutto della sua distribuzione spaziale. È necessario quindi rilevare sia le specie vegetali presenti sia la copertura vegetale del terreno.

Le femmine delle cavallette scelgono accuratamente il posto migliore per la deposizione delle uova. Le caratteristiche del suolo sono alla base di queste scelte, per cui è utile effettuare dei rilievi che riguardano principalmente lo strato più superficiale del terreno. Anche i fattori climatici giocano un ruolo primario nella dinamica di popolazione delle locuste agendo prevalentemente sulla mortalità embrionale e dei primi stadi giovanili.

Di seguito sono messi in evidenza, per ogni stadio di sviluppo del *D. maroccanus*, i fattori ecologici e climatici che maggiormente influenzano la biologia di questa locusta:

Periodo larvale. In un dato sito, le **schiusure** sono spesso **sincronizzate**, e si compiono **in 5-6 giorni**. Una temperatura elevata e una bassa umidità dell'aria accelerano la schiusa delle uova e favoriscono lo sviluppo delle neanidi. Durante questo periodo, piogge abbondanti, temporali, venti e cali di temperatura sono nefasti per gli insetti. **Lo sviluppo giovanile si svolge in 25-30 giorni quando la temperatura media diurna è di 23-25 °C. È di 40-60 giorni se la temperatura si abbassa a 19-20 °C.** Le giovani neanidi sono le più vulnerabili alle condizioni sfavorevoli. Bruschi cali di temperatura, acquazzoni e grandinate possono uccidere dal 50 all'80% degli stadi L1 e L2. La densità delle neanidi, accompagnata da un accrescimento dell'attività, costituisce la condizione preliminare necessaria alla gregarizzazione.

Periodo immaginale. Uno dei fattori che influenza lo stato delle fasi delle popolazioni del *D. maroccanus* è la distribuzione degli adulti su un dato sito (e di conseguenza quello delle

deposizioni e delle schiuse dell'anno seguente), che dipende a sua volta dalle formazioni vegetali presenti. Occorre considerare tutti i biotopi presenti: la densità media può essere bassa in un sito con vegetazione uniformemente distribuita, ma se è presente un tappeto vegetale a mosaico qui la densità è molto più alta e si realizza l'aggregazione iniziale. Questi siti molto limitati possono divenire dei focolai primari di aggregazione.

Periodo embrionale. È il periodo più lungo del ciclo biologico del *D. maroccanus*. Durante questo periodo riveste una grande importanza il fattore idrico. Dall'inizio del suo sviluppo, l'embrione ha imperativamente bisogno d'acqua. Se l'estate e l'autunno sono aridi, la mortalità per disseccamento può raggiungere il 50% o più. D'altro canto, un eccesso di piogge aumenta la mortalità embrionale per malattie fungine. La previsione scaturisce dalla valutazione delle caratteristiche delle popolazioni acridiche e degli effetti favorevoli o sfavorevoli delle condizioni eco-metereologiche sullo sviluppo embrionale, neanidale ed immaginale.

Il Piano di Prevenzione

La mancanza di studi recenti riferiti alla nostra realtà territoriale rappresenta la prima lacuna da colmare nello sviluppare un adeguato piano di controllo delle cavallette. Non è possibile applicare, tali e quali, e soprattutto su vasta scala, modelli di previsione sviluppati in altre aree. Questo per via dell'unicità che caratterizza le interazioni tra un particolare ambiente e le singole popolazioni di insetti in genere. Inoltre, tutte le informazioni acquisibili dalla ormai datata bibliografia sarda ed italiana sono relative prevalentemente alle località di infestazione, alle operazioni di lotta ed all'entità delle risorse impiegate, non sono invece documentate specifiche azioni di monitoraggio destinate a verificare i legami tra la biologia delle locuste e la variazione delle condizioni ambientali, prassi ormai consolidata nelle moderne strategie di lotta agli insetti nocivi. Nelle attività di prevenzione è pertanto necessario programmare tre fondamentali azioni:

- a) Monitoraggio delle aree infestate e valutazione dell'ortotterofauna nel suo complesso (altre specie oltre il grillastro crociato) con l'ausilio di strumenti GIS, app, software di analisi, elaborazione e previsione, altre tecniche innovative.
- b) Monitoraggio degli antagonisti naturali (soprattutto nei confronti del più efficace coleottero Meloide oofago *Mylabris variabilis*, ma anche ditteri Bombilidi, predatori generlaisti).
- c) Indagini genetiche molecolari su *M. variabilis* (Pallas), principale antagonista naturale di cavallette (in collaborazione con l'Università di Roma³) al fine di caratterizzarne le popolazioni introdotte ormai da oltre 75 anni.
- d) Interventi di riequilibrio dell'entomofauna utile con eventuali raccolte e lanci di antagonisti.
- e) Monitoraggio e prove di campionamento su aree pilota di estensione limitata ed opportunamente individuate per caratterizzarne meglio la distribuzione spaziale.
- f) Sperimentazioni di lotta integrata (mezzi agronomici, fisici e biologici) in campo e in laboratorio (studio di organismi entomopatogeni).

- g) Trasferimento delle conoscenze acquisite al personale tecnico degli Enti regionali (Assessorati, Laore, Agris, Forestas, Corpo forestale, servizi tecnici comunali e provinciali).
- h) Divulgazione a livello delle amministrazioni locali, scuole, cittadini e operatori del settore agricolo.

Aree pilota

Le aree pilota consentiranno di individuare un modello di previsione tarato sulla base delle specifiche caratteristiche delle popolazioni di cavallette presenti e delle condizioni ecologiche, pedologiche e meteorologiche che caratterizzano dette aree. Questo modello, una volta definiti i punti critici riguardanti il monitoraggio ed i campionamenti, ed una volta che si sarà realizzato un appropriato trasferimento di competenze a favore dei tecnici di Enti e Amministrazioni, potrà essere esteso a tutto il territorio regionale. Le aree pilota saranno opportunamente individuate nell'ambito del territorio attualmente interessato dal fenomeno delle infestazioni (Marghine, provincia di Nuoro). Per queste zone è nota la presenza del *D. maroccanus* in forma di focolai di infestazione permanente nel corso degli ultimi 3 anni. Saranno acquisiti dati sulle caratteristiche pedologiche e microclimatiche e sulla destinazione d'uso del suolo per meglio evidenziare i legami tra la dinamica di popolazione delle cavallette e l'azione antropica.

Monitoraggio e rilievi ambientali

Sulle aree individuate saranno eseguiti i seguenti rilievi:

RILIEVO FLORISTICO E DELLA VEGETAZIONE:

con l'individuazione delle specie vegetali presenti, e quali tra queste risultino dominanti. Il rilievo della copertura vegetale del terreno per evidenziare eventuali formazioni a mosaico che favoriscono l'insorgere della fase gregaria.

RILIEVI PEDOLOGICI:

riguarderanno principalmente lo strato più superficiale del terreno e consentiranno di individuare il substrato preferito dalle locuste per la deposizione delle uova. In particolare, si valuteranno: tessitura e struttura del suolo, stato idrico, pH e sostanza organica, per la cui determinazione si ricorrerà ad analisi di laboratorio.

RILIEVO METEOROLOGICO:

i parametri da considerare saranno la piovosità, l'umidità dell'aria e la temperatura. Dove possibile si potrà fare riferimento a stazioni meteorologiche già presenti sul territorio. Attraverso tali parametri si potranno determinare:

- Il coeff. Idrotermico $CHT = \sum P_i \times 10 / \sum T_i$ - Dove P è la quantità di pioggia giornaliera espressa in mm del periodo considerato, e T è la temperatura media diurna giornaliera espressa in °C in modo

da consentire di mettere in relazione i fattori climatici con le fasi di sviluppo postembrionale dell'insetto.

- La somma delle temperature efficaci $STE = (T_m - T_0) n$ – Dove T_m è la temperatura media del periodo considerato, T_0 la soglia termica di sviluppo (10°C), n è il numero di giorni del periodo considerato (generalmente compreso tra 30 e 60). Si esegue da maggio a giugno e indica quanto le condizioni sono favorevoli allo sviluppo degli stadi preimmaginali.

- Il coeff. Igrometrico $K = \sum P / \sum (T - 10)$ – Dove $\sum P$ è la somma dei mm di pioggia caduti da luglio ad agosto, $\sum (T - 10)$ è la somma delle temperature efficaci per lo stesso periodo, in modo da acquisire indicazione sull'influenza dei fattori climatici sulle prime fasi di sviluppo embrionale.

Per questi coefficienti, ordinariamente utilizzati nell'areale est di distribuzione del *D. maroccanus*, saranno necessari adeguamenti in termini di periodo di rilevamento ed individuazione delle soglie termiche e pluviometriche, sulla base dei legami che saranno progressivamente accertati tra la biologia delle popolazioni di cavallette nostrane e l'ambiente che le circonda.

RILIEVO DEI DATI ACRIDICI:

Sarà necessario rilevare le caratteristiche delle popolazioni acridiche (grado di gregarizzazione delle neanidi e degli alati, morfometria degli adulti, densità delle ooteche per m^2) mediante campionamenti distribuiti durante tutto l'anno. Si prenderanno in considerazione anche il tasso di parassitizzazione delle neanidi, degli adulti e delle ooteche (un brusco aumento del parassitismo è considerato come un indice di riduzione della popolazione effettiva).

I dati saranno acquisiti secondo protocolli disponibili in letteratura e opportunamente adattati. In particolare, il monitoraggio in campo si prevede articolato nei seguenti quattro periodi:

Campionamento primaverile. Riguarderà le popolazioni neanidali e si effettuerà nei siti di ovideposizione a partire dalle prime schiuse e fino alla comparsa in massa dello stadio L3. Saranno identificati e registrati i siti dove avverranno le schiuse, determinando la densità delle neanidi ed indicando le superfici infestate.

Campionamento estivo. Riguarderà gli adulti e si eseguirà al momento dell'ovideposizione per permettere di localizzare i siti dove si concentra la popolazione. In questa occasione si cattureranno una cinquantina di esemplari maschi e femmine per le misurazioni morfometriche.

Campionamento autunnale. Consisterà nella ricerca delle ooteche e si realizzerà dopo il periodo di deposizione, alla fine della vita immaginale (adulta) delle cavallette e dopo che saranno acquisiti i dati di distribuzione e le superfici dei siti di deposizione durante il campionamento estivo.

Campionamento post-invernale. Riguarderà le ooteche fertili con l'obiettivo di valutare la percentuale di sopravvivenza delle uova dopo l'inverno. Si effettueranno solitamente un mese prima del probabile periodo di schiusa, negli stessi siti del campionamento autunnale. I dati ottenuti sulla vitalità delle uova in primavera permetteranno di prevedere con più precisione l'entità della futura popolazione acridica.

Si prevede anche al ricorso, in via sperimentale, a tecnologie avanzate come il *Remote Sensing* e *Unmanned Aerial Systems* - UAS per la mappatura e il monitoraggio su larga scala degli habitat di ovideposizione delle locuste e delle condizioni ambientali che favoriscono il processo di transizione tra la fase solitaria e quella gregaria, mediante l'impiego di immagini RGB, multispettrali e termiche ottenute da satellite. Al fine di filtrare le aree sensibili soggette ad infestazione, si analizzerà le variabili come gli indici di vegetazione (NDVI, EVI ecc.), l'andamento termo-pluviometrico, la classificazione della copertura del suolo (vegetazione/ colture preferite), e l'umidità del suolo. Tali operazioni sono preliminari per la pianificazione delle successive azioni di monitoraggio e controllo, sia mediante l'impiego di *Unmanned Aerial Systems* (UAS) sia tramite squadre a terra. Le possibili griglie potrebbero essere identificate mediante l'impiego di UAS equipaggiati con sensori infrarossi termici (*Thermal Infra-Red*) al fine di consentire la localizzazione di aree favorevoli alla schiusa delle uova. Tramite UAS si procederà con le operazioni di monitoraggio e rilevamento delle forme pre-immaginali mediante sensori RGB e termici precedendo le fasi operative di verifica a terra.

Il monitoraggio, nel suo insieme di approcci e metodologie, sarà finalizzato ad acquisire dati utili all'implementazione di un sistema informativo geografico per la stima della distribuzione spaziale delle infestazioni e per la delimitazione delle aree interessate dalle infestazioni.

Tutti i dati ottenuti saranno quindi processati per ottenere un database unico tale da consentire la Definizione della distribuzione spaziale dei siti di ovideposizione nell'ambito di una valutazione a scala di *landscape*, il programma verrà sviluppato al fine di valutare la distribuzione spaziale delle ovideposizioni, verranno altresì individuate delle aree campione su cui verranno selezionati casualmente i plot di monitoraggio sulla base di un algoritmo atto alla generazione di numeri casuali. Ciascun punto selezionato a priori rappresenterà un'area di saggio entro cui osservare la presenza dei siti di ovideposizione dell'insetto. Per stimare la distribuzione spaziale delle ovature di *D. maroccanus* verranno inizialmente utilizzati modelli basati sulla legge di potenza di Taylor [*Taylor's power law* (TPL)].

L'obiettivo finale è la Costruzione di mappe di rischio d'infestazione e stima del pattern spazio-temporale delle infestazioni. L'approccio prevede l'utilizzo e validazione di diversi modelli geostatistici (es. *kriging*, *co-kriging*, *Scan statistics*) al fine di valutare gli strumenti più adatti. Tutte le elaborazioni, nonché la costruzione del database geografico, saranno eseguite attraverso l'utilizzo di software di elaborazione dati gratuiti (i.e. R, QGIS)

L'altro aspetto riguarderà l'Analisi dei fattori ambientali (es. uso del suolo) che influenzano la diffusione dell'insetto e la gravità delle infestazioni: i fattori ambientali che sono legati alla diffusione delle infestazioni dell'insetto sono importanti per definire le strategie d'intervento atte a ridurre i danni. Inoltre, la conoscenza delle relazioni con l'ambiente permetterebbe di impiegare approcci di *Species Distribution Modeling* per stimare il rischio di infestazione non solo a scala zonale ma anche regionale.

Poiché l'interpretazione di una particolare situazione acridica dovrà necessariamente tener conto delle caratteristiche riscontrate sulla popolazione durante le annate precedenti, un modello di previsione attendibile necessiterà di sequenze di rilievi ripetute per più anni con opportune verifiche allo scadere di ciascuna annualità. Queste verifiche saranno utili anche per apportare eventuali modifiche e adattamenti agli strumenti di indagine.

Interventi di lotta

Gli interventi di lotta saranno eseguiti secondo i criteri delle moderne strategie di lotta integrata, ricorrendo prioritariamente a interventi agronomici (lavorazioni del terreno) e di biocontrollo, o in casi particolari fortemente limitati (es. grillare) con mezzi fisici o chimici basati su principi autorizzati (anche in deroga) e adeguati alla tipologia di ambiente sul quale si interviene (pascolo, campi coltivati, aree urbane). Non si esclude anche la possibilità di ricorrere, sempre in via sperimentale, al ricorso ad agenti entomopatogeni, frutto anche di conoscenze acquisite durante il programma.

Sarà inoltre sperimentato l'impiego di droni specifici (peso < 25 kg) per la distribuzione aerea *Ultra Low Volume* (ULV) di prodotti per il controllo sito specifico degli stadi preimmaginali, nonché per la valutazione dei danni fisici alle colture e alla vegetazione dopo l'infestazione attraverso immagini RGB e multispettrali da UAS.

Gli interventi saranno coordinati e si avvarranno del supporto delle imprese agricole del territorio e delle strutture tecniche degli Enti, non escludendo il ricorso straordinario a ditte esterne.

Sperimentazione

Attività_1 - Studio dell'Ortotterofauna della Sardegna allo scopo di:

- raccogliere e determinare le specie di Ortoteri presenti negli ecosistemi naturali e negli agroecosistemi della Sardegna.

Attività_2 - Studio del complesso dei parassiti e dei predatori:

- con particolare riferimento ai parassiti oofagi introdotti per il controllo biologico: il Meloide *Mylabris variabilis* e alcune specie di Ditteri Bombilidi, senza tuttavia trascurare altri predatori e parassiti secondari od occasionali.

Attività_3 - Indagini genetiche molecolari su *Mylabris variabilis* (Pallas), antagonista naturale di cavallette:

- *Mylabris variabilis*, le cui larve si nutrono di uova di Ortoteri Celiferi, a seguito dell'introduzione è andata incontro ad una forte espansione, che è stata monitorata a più riprese dal 1954 agli anni '80. Al fine di valutare la quantità di variazione genetica accumulata nelle neo-popolazioni sarde rispetto alle popolazioni continentali, si prevede di la filogeografia e la genetica di popolazione attraverso analisi molecolari con il ricorso a innovative tecniche di genomica. I risultati ottenuti

saranno analizzati comparativamente alle caratteristiche macroecologiche e climatiche delle aree in cui le popolazioni sono insediate. Sarà inoltre possibile valutare il tasso di variabilità genetica accumulata nei 75 anni di presenza nell'isola nonché descrivere e datare le rotte seguite dalla specie durante la sua espansione in Sardegna.

Attività_4 - Studio della comunità microbica utile e isolamento di agenti di controllo microbiologico, allo scopo di:

- identificare nella comunità microbica (in particolare funghi e batteri) dell'ecosistema, microrganismi potenzialmente utili come agenti di biocontrollo;
- isolare microrganismi utilizzabili in tecniche innovative di gestione dell'ecosistema;

In particolare, per il raggiungimento degli obiettivi proposti si prevede nel corso dei 2,5 anni del programma di:

- studiare il microbiota di campioni di cavallette attraverso l'estrazione del DNA totale mediante appositi kit e reagenti ed eseguire analisi microbiologiche e molecolari anche avvalendosi di servizi esterni.
- isolare, identificare e conservare specie microbiche di interesse, mediante terreni specifici per l'isolamento di microrganismi dal suolo e da campioni di insetti con potenziale attività entomopatogena (*Bacillus* spp., *Pseudomonas* spp., *Streptomyces*, *Beauveria* spp., *Verticillium* spp., etc.).
- determinare il potenziale entomopatogeno dei microrganismi isolati mediante l'impiego di formulazioni sperimentali in biosaggi con gli insetti target, al fine di determinarne l'effetto bioinsetticida.

Queste attività saranno svolte nei laboratori del Dipartimento di agraria e prevedono anche l'allevamento di colonie di insetti o il mantenimento di ortotteri appositamente acquisiti da biofabbriche, anche impiegando specie modello (es. *Acheta* spp.).

La caratterizzazione degli entomopatogeni più promettenti potrà consentire la produzione sperimentale di molecole bioinsetticide e fattori di virulenza.

Si aggiungeranno, infine, studi su organismi non-target. Specifiche osservazioni saranno condotte sull'entomofauna utile presente negli ecosistemi frequentati dalle cavallette. In particolare, si svolgeranno studi per valutare potenziali effetti indesiderati di agenti di controllo microbiologico su organismi non-target (i.e., predatori, parassiti).

Attività_4 – Prove di biocontrollo in campo al fine di:

- testare in condizioni di semi-campo e di campo l'efficacia di agenti di controllo microbiologico;
- sviluppare strategie efficienti per l'applicazione di microrganismi autorizzati per l'uso in campo per il biocontrollo delle popolazioni di acrididi.

Le prove di lotta in condizioni di campo prevedono l'applicazione nei siti infestati dei principi attivi microbici per valutarne la capacità di ridurre la densità di popolazione. Le prove si svolgeranno su

adeguate superfici (parcelle) sperimentali opportunamente replicate, che consentiranno di confrontare aree differenzialmente trattate con aree non trattate (controllo). La scelta dei formulati microbiologici da impiegare sarà eventualmente vincolata all'ottenimento delle necessarie autorizzazioni che regolano l'impiego di prodotti fitosanitari nell'ambiente. Le prove normalmente includono anche l'impiego uno o più prodotti chimici di riferimento. Saranno anche svolte osservazioni sugli eventuali effetti indesiderati sull'entomofauna utile (Risk-assessment) sempre nei siti sperimentali, rilevando la diversità e abbondanza degli organismi ausiliari.

Trasferimento delle competenze, formazione e informazione

Questa fase sarà fondamentale per l'ottenimento di risultati di lungo termine. Il trasferimento delle conoscenze via via acquisite sulle aree pilota al personale tecnico e alle popolazioni coinvolte sarà necessario per la successiva applicazione del modello sviluppato su tutto il territorio regionale. Inoltre, sarà indispensabile rendere più capillare la successiva azione di divulgazione e sensibilizzazione, anche attraverso il ricorso a strumenti come il *Citizen Science*.

Il programma in questo senso prevede il coinvolgimento degli organi tecnici regionali e provinciali, che andranno a costituire la struttura portante delle azioni di monitoraggio e di controllo nel lungo periodo. L'attiva partecipazione dei tecnici della regione e delle province ai rilievi, ai campionamenti nelle aree pilota ed alle attività sperimentali sarà fondamentale per il buon successo del programma.

Le iniziative di divulgazione e sensibilizzazione sul tema delle cavallette consisteranno nella predisposizione di strumenti efficaci di divulgazione (video e pannelli illustrativi) che avranno l'obiettivo primario di descrivere correttamente e in modo accessibile al grande pubblico il fenomeno, con particolare attenzione per le scuole e le categorie economiche direttamente interessate, così da ottenere la collaborazione attiva degli operatori del settore agricolo e degli enti locali (comuni, agricoltori, allevatori, compagnie barracellari ecc.) e dei cittadini in genere al fine di acquisire tempestive segnalazioni della presenza di focolai di infestazione primaria. Questo risultato si perseguirà con una sequenza programmata di incontri e conferenze, tramite il contatto diretto con gli imprenditori, attraverso applicazioni semplici come whatsapp e web.