

Un progetto di



con il supporto tecnico



CAMBIAMENTO CLIMATICO E AGRICOLTURA UNO SGUARDO ALLA PROVINCIA DI SONDRIO



Un progetto di



con il supporto tecnico



CAMBIAMENTO CLIMATICO E AGRICOLTURA: UNO SGUARDO ALLA PROVINCIA DI SONDRIO



Autori

GAL VALTELLINA: VALLE DEI SAPORI 2014-2020

Gianluca Macchi - Direttore

Massimo Bardea - Animatore

Clara Spini - Responsabile di progetto

FONDAZIONE FOJANINI DI STUDI SUPERIORI

Gilberto Parolo (Alpicoltura e Foraggicoltura)

Gianpaolo Della Marianna (Alpicoltura e Foraggicoltura)

Paola Draicchio (Frutticoltura)

Ivano Foianini (Viticoltura)

Luca Folini (Frutticoltura)

Martino Salvetti (Viticoltura, Difesa Fitosanitaria)

Citazione bibliografica

Parolo G., Della Marianna G., Draicchio P., Foianini I., Folini L., Salvetti M., 2023. ClimActive 2050 - Cambiamento climatico e agricoltura: uno sguardo alla provincia di Sondrio. GAL Valtellina: Valle dei Sapori, Fondazione Fojanini.

Ringraziamenti

Si ringraziano le aziende agricole che, con le loro interviste, hanno contribuito alla redazione del presente rapporto e Fausto Gusmeroli per la revisione critica del manoscritto, relativamente alle parti inerenti l'alpicoltura e la foraggicoltura.

Un particolare ringraziamento a Sonia Mancini (presidente Fondazione Fojanini) per i preziosi consigli e suggerimenti durante la stesura del testo.

Si ringrazia il Parco delle Orobie Valtellinesi, partner locale del progetto ClimActive 2050.

Foto di copertina: Consorzio di Tutela dei Vini di Valtellina

Foto retro copertina: Elio Della Ferrera

INDICE

1	Il GAL Valtellina: Valle dei Sapori 2014-2020	7
2	Il progetto di cooperazione ClimActive 2050	11
2.1	Introduzione	13
2.2	Obiettivi specifici	14
3	I cambiamenti climatici	15
4	Effetti dei cambiamenti climatici in agricoltura: analisi della letteratura	21
4.1	Prati e pascoli	23
4.1.1	Contesto generale	23
4.1.2	Contesto locale	35
4.2	Viticoltura	46
4.2.1	Contesto generale	46
4.2.2	Contesto locale	52
4.3	Frutticoltura	69
4.3.1	Contesto generale	69
4.3.2	Contesto locale	79
5	La percezione dei cambiamenti climatici da parte di alcune aziende agricole locali	85
5.1	Settore cerealicolo-zootecnico	87
5.2	Comparto viticolo	89
5.3	Comparto frutticolo (mele)	93

6	Sintesi dei risultati	97
6.1	Prati e pascoli	99
6.1.1	Sintesi degli effetti	99
6.1.2	Mitigazioni	102
6.2	Viticoltura	103
6.2.1	Sintesi degli effetti	103
6.2.2	Mitigazioni	104
6.3	Frutticoltura	105
6.3.1	Sintesi degli effetti	105
6.3.2	Mitigazioni	106
6.4	Bacini idrici di stoccaggio delle acque	107
7	Attività di monitoraggio e ricerca	109
7.1	Prati e pascoli	111
7.1.1	Monitoraggio	111
7.1.2	Sperimentazione e ricerca	112
7.2	Viticoltura	113
7.2.1	Monitoraggio	113
7.2.2	Sperimentazione e ricerca	114
7.3	Frutticoltura	116
7.3.1	Monitoraggio	116
7.3.2	Sperimentazione e ricerca	117
8	Conclusioni	119
	Bibliografia	123

1

**IL GAL VALTELLINA:
VALLE DEI SAPORI 2014-2020**

Il Gruppo di Azione Locale Valtellina: Valle dei sapori 2014-2020 (GAL Valtellina) è una società consortile a responsabilità limitata, composta da soci pubblici e privati rappresentativi della realtà socio economica del territorio della provincia di Sondrio. Il suo compito è quello di attuare le iniziative previste dal Piano di Sviluppo Locale. Il territorio sul quale opera corrisponde alla provincia di Sondrio, ad eccezione del capoluogo.

Un Gruppo d’Azione Locale (GAL) è uno strumento promosso dall’Unione Europea, il cui obiettivo è promuovere la crescita ed il miglioramento economico-sociale dei territori rurali, stimolando la partecipazione attiva e consapevole dei singoli cittadini, delle imprese, degli enti locali, attraverso la creazione reti di collaborazione aperte e inclusive per uno sviluppo coordinato e strategico coerente con l’approccio LEADER - CLLD. La strategia per lo sviluppo viene definita nel Piano di Azione Locale: un documento in cui si individuano obiettivi e azioni chiave per lo sviluppo durante il periodo di programmazione comunitaria in corso, elaborato dal territorio durante un processo partecipativo ed approvato dall’Assemblea dei Soci del GAL. LEADER è un acronimo francese (Liaison entre actions de développement de l’économie rurale - Collegamento tra azioni volte allo sviluppo delle economie rurali), mentre CLLD è un acronimo inglese (Community-led local development - Sviluppo guidato dalle comunità locali). Le due sigle si riferiscono all’attuazione delle strategie di sviluppo locale di tipo partecipativo e definiscono il riferimento per tutte le attività dei GAL.

L’approccio LEADER - CLLD si basa su una serie di obiettivi generali:

- migliorare l’attuazione delle politiche a favore delle aree rurali, in particolare di quelle in fase di spopolamento;
- promuovere una maggiore qualità della progettazione locale;
- favorire la partecipazione delle comunità locali ai processi di

sviluppo, contribuendo a rafforzare il dialogo tra società civile e istituzioni locali;

- incentivare il coordinamento tra politiche, strumenti di governance e procedure per accedere ai finanziamenti comunitari.

2

**IL PROGETTO
DI COOPERAZIONE
CLIMACTIVE 2050**

2.1 Introduzione

ClimActive 2050 è un progetto di cooperazione finanziato a valere sulla misura 19.3 del PSR 2014-2020 di cui il GAL Valtellina: Valle dei Sapori 2014-2020 è partner. Il partenariato comprende il GAL Oglio Po (Capofila di progetto), il GAL Valle Brembana 2020 e il GAL dei Colli di Bergamo e del Canto Alto.

Il Parco delle Orobie Valtellinesi è partner locale del progetto ClimActive 2050.

L'obiettivo principale è quello di supportare le aree rurali partner della Regione Lombardia, rafforzandone le azioni contro i cambiamenti climatici e favorire la resilienza e la diversificazione di questi territori attraverso la valorizzazione dei servizi eco sistemici, ossia tutti i benefici che la natura fornisce alla società. In questo modo si contribuisce al raggiungimento degli obiettivi in materia di ambiente e clima dell'Unione Europea. Ciò che caratterizza il progetto di cooperazione è la replicabilità su buona parte del territorio regionale della metodologia sviluppata; infatti i GAL partner di progetto interessano i tre principali ambiti territoriali lombardi: I quattro GAL coinvolti interessano i tre principali ambiti territoriali lombardi: Pianura - GAL Oglio Po Collina - GAL Colli di Bergamo e Canto Alto Montagna - GAL Valtellina Valle dei Sapori e GAL Valle Brembana 2020. Questa caratterizzazione consente di armonizzare gli approcci metodologici del mondo rurale e della tutela ambientale in tutte le categorie territoriali.

Tra gli obiettivi operativi del progetto vi sono: migliorare la capacità di monitoraggio sulle priorità di adattamento climatico nelle tre tipologie territoriali partner:

- incrementare la diffusione delle pratiche agricole sostenibili, rafforzandone l'associazione con il valore economico dei servizi ecosistemici;
- sviluppare un modello metodologico, replicabile a scala regionale, per l'individuazione e la stima di alcuni Servizi Ecosistemici;

- potenziare l'associazione tra agricoltura e mitigazione degli effetti del cambiamento climatico verso le comunità locali.

Nell'ambito degli obiettivi operativi, a livello locale, il GAL Valtellina: Valle dei Sapori ha affidato alla Fondazione Fojanini di Studi Superiori l'incarico per il servizio di coordinamento e supporto specialistico finalizzato alla realizzazione delle attività previste, inerenti all'analisi e studi funzionali a temi individuati come strategici per la Valtellina.

2.2 Obiettivi specifici

Lo studio effettuato dalla Fondazione Fojanini affronta le seguenti tematiche:

- introduzione al tema dei cambiamenti climatici, con un approfondimento locale riguardante l'analisi dei dati di temperatura e precipitazioni registrate dalla centralina meteorologica della F. Fojanini;
- analisi degli effetti dei cambiamenti climatici sulle colture foraggere, viticole e melicole: stato dell'arte e prospettive future, interviste a cooperative vitivinicole, frutticole e aziende foraggere locali;
- sulla base degli effetti riscontrati, individuazione di strategie di mitigazione, proposta di nuove sperimentazioni e di una metodologia di monitoraggio.

3
I CAMBIAMENTI
CLIMATICI

Durante la storia climatica della Terra, il clima è stato continuamente oggetto di cambiamenti, più o meno drastici, su tempi più o meno lunghi.

Il riscaldamento naturale della Terra deriva *in primis* dal Sole, a cui segue l'energia geotermica terrestre; la quantità di energia solare che riceviamo dipende da vari fattori astronomici, tra cui il più importante è quello dell'attività ciclica dei fenomeni di fusione atomica del Sole, che regolano il quantitativo di radiazione emessa che raggiunge la Terra.

I fattori terrestri che influenzano il clima sono molteplici; tra questi vi sono fattori naturali e fattori di origine antropica; questi ultimi vanno a modificare il ruolo dell'atmosfera nel bilancio termico terrestre.

In atmosfera si verifica un effetto serra di tipo "naturale", dovuto alla presenza dei cosiddetti gas serra naturali, che mantengono una temperatura media di +14°C a livello planetario (invece dei -18°C che si avrebbero in assenza di effetto serra), a cui si è via via aggiunto, e sempre in modo più consistente, l'effetto serra "antropico" originato dalle attività antropiche, quali la combustione di materie fossili vegetali (carbone, petrolio), l'allevamento intensivo degli animali, l'uso massiccio di fertilizzanti azotati, ecc. Queste attività immettono in atmosfera grossi quantitativi di gas serra, quali anidride carbonica, metano, protossido di azoto e gas fluorurati; la deforestazione e l'inquinamento, inoltre, sono fattori aggravanti della situazione.

Si è quindi verificato, a partire dall'industrializzazione, un aumento della temperatura media del pianeta di più di 1°C e importanti modificazioni nella distribuzione spaziale, temporale e nell'intensità delle precipitazioni, dovuta alla maggiore energia presente in atmosfera (Fig. 1).

Questi cambiamenti, che consistono in valori prolungati di temperature estreme (onde di calore), eventi piovosi intensi oppure siccità prolungata, vanno a influire in generale sulla componente vegetale e, in particolare, sulle colture agrarie, mettendo a re-

pentaglio quell'equilibrio che si era instaurato nel tempo, con le condizioni climatiche medie locali.

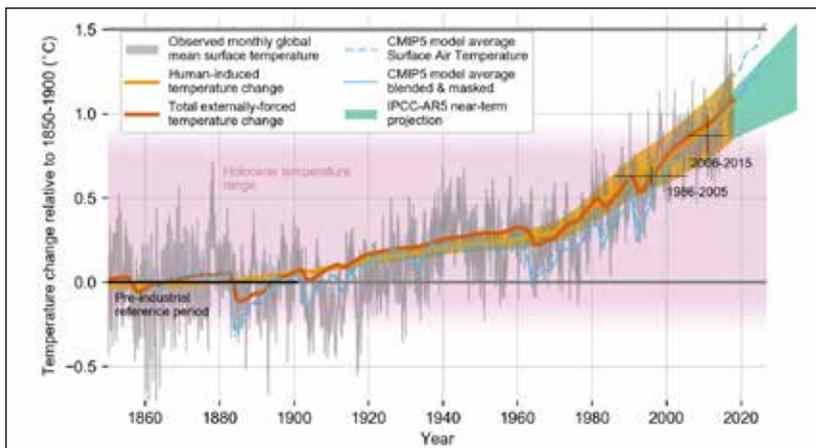


Fig. 1 - Andamento della temperatura media globale negli ultimi 160 anni (IPCC special report 2018).

A livello locale riportiamo i grafici delle temperature e delle precipitazioni registrate presso la sede della Fondazione Fojanini a Sondrio, nel periodo 1973-2022 (Fig. 2), che rispecchiano, per le prime, il trend di aumento globale. Sempre per quanto riguarda le temperature si noti, tuttavia, come la curva dell'incremento abbia subito un flesso nella prima decade del 2000, in controtendenza con l'andamento a livello globale

Le precipitazioni, invece, non mostrano evidenti trend di crescita o decrescita, ma sicuramente si è assistito a un incremento dell'intensità dei fenomeni (es. forti temporali, bombe d'acqua), che aumentano il rischio del verificarsi di fenomeni di erosione e alluvionamento.

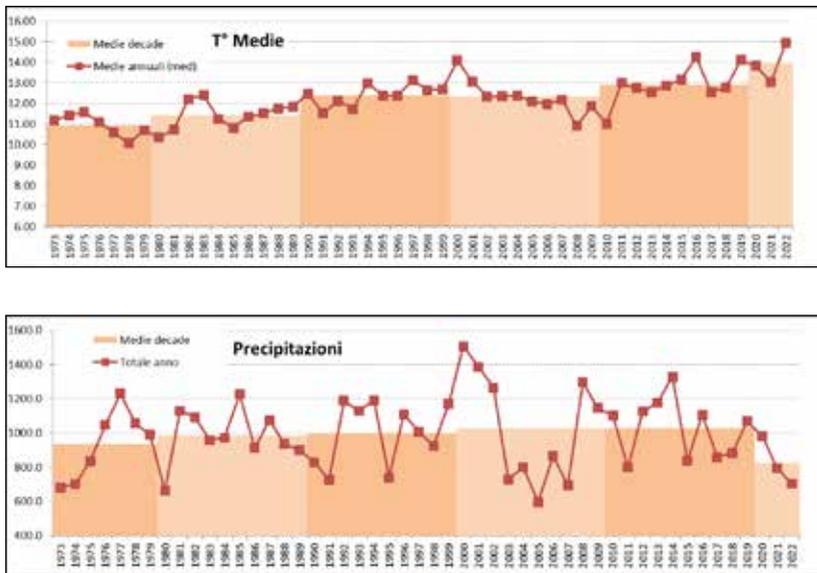


Fig. 2 - Temperature medie annue e precipitazioni rilevate nel periodo 1973-2022 dalla stazione meteorologica presente in Fondazione Fojanini, posta a 290 m s.l.m.



4

EFFETTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI IN AGRICOLTURA: ANALISI DELLA LETTERATURA

In questa sezione vengono riassunte le principali conoscenze di letteratura (pubblicazioni ed esperienze locali e internazionali) inerenti gli effetti manifesti dei cambiamenti climatici sulle colture foraggere, viticole e frutticole e le tendenze in base all'applicazione di modelli predittivi. Accanto agli studi di seguito descritti, che offrono già dei risultati concreti, stanno emergendo numerosi altri studi di ricerca e monitoraggio a livello alpino e non solo, a dimostrazione di come questa problematica sia sentita a livello globale.

4.1 Prati e pascoli

4.1.1 Contesto generale

A livello alpino, le praterie permanenti (prati e pascoli) costituiscono le principali risorse foraggere; secondariamente, per estensione decisamente minore, rientrano anche gli erbai di erba medica e di altre specie (leguminose o graminacee) destinate all'alimentazione animale.

Gli effetti dei cambiamenti climatici sulle colture foraggere sono stati particolarmente indagati nell'ambito dello scorso ventennio dalla letteratura scientifica. Se da una parte le evidenze a livello della provincia di Sondrio sono contenute e localizzate, più ampia e approfondita è invece l'analisi del contesto alpino e internazionale. Riportiamo di seguito i risultati di quelle che riteniamo essere, a nostra miglior conoscenza, le evidenze più rappresentative nell'ambito degli obiettivi di questo progetto.

DIBARI ET AL. 2021

**ITALIA (ZONE ALPINA, CONTINENTALE E MEDITERRANEA)
PRATERIE**

Il cambiamento climatico in atto, che sta minacciando gli agroecosistemi in tutta Europa, è evidente anche nelle praterie italiane. La produzione di foraggio di questi ecosistemi e la loro ricchezza floristica sono fortemente dipendenti dalle inte-

razioni tra clima, suolo e pratiche di gestione agricola, e sono molto sensibili e vulnerabili ai cambiamenti climatici. Il lavoro in oggetto analizza la letteratura scientifica inerente gli impatti dei cambiamenti climatici sulle colture foraggere nelle tre diverse zone bioclimatiche d'Italia, vale a dire l'Alpina, la Continentale e la Mediterranea, analizzando in particolare la biodiversità e la composizione floristica dei prati, la produttività in termini di fitomassa e la qualità del foraggio.

Gli obiettivi principali di questa ricerca sono:

- rivedere la letteratura scientifica esistente nel settore, evidenziando tendenze diverse o comuni tra le diverse regioni biogeografiche italiane;
- fornire informazioni sui principali impatti climatici analizzati e sui driver coinvolti nelle evoluzioni studiate;
- evidenziare i gap conoscitivi attualmente pendenti per ipotizzare gli scenari futuri della ricerca in questo settore.

Anche se questa *review* ha evidenziato differenze negli approcci, nelle metodologie adottate e negli scopi delle ricerche condotte, si possono evidenziare alcune tendenze comuni, esplicitate in Tab. 1 e di seguito riassunte:

- il riscaldamento previsto e il cambiamento dei regimi pluviali produrranno profondi cambiamenti nella composizione floristica dei prati, con la riduzione o scomparsa di specie microterme e l'incremento di specie xerotermofile (amanti del caldo secco);
- una riorganizzazione, con principale spostamento in altitudine, delle nicchie ecologiche dei tipi di vegetazione nelle aree di montagna;
- una riduzione generale della fitomassa epigea, in quanto la siccità estiva va considerata un fattore limitante la produttività dei prati;
- infine, il riscaldamento e la riduzione delle precipitazioni sono considerati i principali fattori in grado di ridurre la qualità e

l'appetibilità del foraggio, come conseguenza della maggiore diffusione di specie meno appetibili e della riduzione della capacità di assorbire l'azoto disponibile nel suolo (cfr. capitolo inerente il Park Grass Experimental Site).

Fattore climatico	Impatti sulla produttività delle praterie e qualità del foraggio	Letteratura
Incremento delle temperature	<ul style="list-style-type: none"> - incremento della performance riproduttiva (es. <i>Dactylis glomerata</i>) - riduzione della produttività dei pascoli - effetti contrastanti (crescita/decrecita) nella biomassa epigea in base all'altitudine e pratiche gestionali - incremento della crescita vegetativa delle piante - riduzione della digeribilità dei foraggi - espansione dei pascoli meno appetibili 	De Boeck, 2016 Filippa <i>et al.</i> , 2019 Dellar <i>et al.</i> , 2018 Dumont <i>et al.</i> , 2014 Gavazov <i>et al.</i> , 2013 Dibari <i>et al.</i> , 2020
Riduzione delle precipitazioni	<ul style="list-style-type: none"> - riduzione della produttività delle praterie - riduzione della qualità dei foraggi - decremento della biomassa epigea - incremento della biomassa ipogea - incremento del contenuto di azoto nel foraggio - incremento della digeribilità dei foraggi - piccoli cambiamenti nel rapporto C/N del foraggio 	De Boeck, 2016 Deléglise <i>et al.</i> , 2015 Dellar <i>et al.</i> , 2018 Trnka <i>et al.</i> , 2011 Dumont <i>et al.</i> , 2014 Leingärtner <i>et al.</i> , 2014 Schmid, 2017
Incremento della CO ₂ in atmosfera	<ul style="list-style-type: none"> - riduzione del contenuto in azoto del foraggio, specialmente per specie erbacee e arbustive - incremento della biomassa secca epigea - incremento della crescita delle piante - incremento dei carboidrati non strutturati nei tessuti vegetali - incremento dell'abbondanza di leguminose nei cotici plurispecifici 	Dellar <i>et al.</i> , 2018 Dumont <i>et al.</i> , 2014

Tab. 1 - Impatti dei principali fattori climatici sulla produttività e qualità dei foraggi delle praterie delle Alpi (Dibari *et al.*, 2021).

VITTOZ *ET AL.* 2009
SVIZZERA DEL NORD
PRATERIE SUBALPINE

In questo lavoro sono stati studiati i cambiamenti della composizione floristica di praterie subalpine in due regioni nel Nord della Svizzera, oggetto di monitoraggi in plot permanenti a partire dal 1954. In entrambe le regioni, solo poche specie sono apparse o scomparse e i cambiamenti sono stati generalmente limitati all'aumento o alla diminuzione della frequenza e della copertura di alcuni *taxa*. In un sito, l'abbandono del pascolo ha favorito la diffusione di specie opportuniste. Alcune specie si trovavano al loro limite di distribuzione altitudinale superiore, che potrebbero aver raggiunto a causa dell'aumento delle temperature. In entrambe le aree, le specie in declino erano prevalentemente specie alpine e di ridotte dimensioni, causato dall'aumento della competizione (ombreggiamento e sostanze nutritive) con *taxa* subalpini più vigorosi, la cui crescita è stata sempre meno contrastata da un tipo di pascolamento via via più estensivo. Gli autori concludono che le comunità vegetali possono variare più rapidamente al riscaldamento quanto più la colonizzazione è facilitata dalla presenza di spazi ecologici disponibili, quali suolo nudo tra i cotici interrotti; eventi climatici estremi, quali periodi di siccità eccezionale, possono accelerare i cambiamenti floristici delle comunità, creando morie e aprendo lacune per l'insediamento di nuove specie.

Al contrario, una fitta copertura vegetale crea una barriera che rallenta il processo di colonizzazione da parte dei nuovi arrivi di specie erbacee.

AGROSCOPE - PROGETTO ALPGRASS ALPI SVIZZERE PASCOLI

In Engadina, presso Ardez, si è studiato l'effetto del riscaldamento climatico su pascoli oligotrofi (*Nardion*). Con un incremento di 1.5 °C, lo stress termico causerebbe la scomparsa in media di 10 specie su 35. Un incremento della disponibilità di azoto provocherebbe invece un maggior rendimento in termini di fitomassa delle carici (es. *Carex sempervirens*), che purtroppo non sono così appetite dal bestiame.

CHARMILLOT ET AL. 2021 MONTI JURA (SVIZZERA) MESOBROMETI

Le praterie meso-xeriche (*Mesobromion*) sono diminuite drasticamente nell'Europa centrale nel corso dell'ultimo secolo. Questi habitat ricchi di specie sono minacciati dall'intensificazione o dall'abbandono dell'uso tradizionale, dall'eutrofizzazione, dai cambiamenti climatici e dalla frammentazione del paesaggio. Tuttavia, diversi studi in varie regioni dell'Europa centrale non sono coerenti nelle loro scoperte sul grado e sulla direzione dei cambiamenti. Gli autori hanno riesaminato i cambiamenti intercorsi nelle comunità dell'alleanza *Mesobromion* nel Giura svizzero, ricampionando, nel 2020, 28 appezzamenti rilevati storicamente nel 1980, nell'ottica di quantificare il potenziale cambiamento della vegetazione. La ricchezza delle specie, i valori degli indicatori per la disponibilità di luce e la temperatura, la dispersione dei semi da parte degli animali e la persistenza dei semi sono significativamente diminuiti al 2020. Al contrario, i valori degli indicatori ecologici per la disponibilità di nutrienti e l'umidità del suolo sono notevolmente aumentati, in relazione all'adozione di tecniche gestionali più produttive (aumento della concimazione, irrigazione). Nel 2020 si è registrato un numero significativamente inferiore di specie ruderali, tolleranti lo stress,

terofite e camamefite erbacee. Al contrario, sono aumentate le specie altamente competitive e le emicriptofite. La produttività dei prati è notevolmente aumentata al 2020, con uno *shift* della composizione floristica dal *Mesobromion* (più ricco di specie e di specie rare) all'*Arrhenatherion* (meno ricco di specie e con specie più comuni), evidenziando come gli interventi gestionali abbiano avuto il potere di omogeneizzare la flora e contrastare un generalizzato aumento di xerofilia, innescato proprio dal riscaldamento climatico. Si ribadisce, infine, l'importanza di attuare strategie di conservazione adattate a livello regionale al fine di fermare la perdita di biodiversità nelle praterie meso-xeriche.

SCHERRER ET AL., 2022

CANTON ZURIGO

PRATERIE E ALTRE COMUNITÀ VEGETALI

Indagini floristiche condotte nel Cantone Zurigo hanno evidenziato un notevole cambiamento nella composizione delle specie di alcune fitocenosi. Il confronto di dati storici della vegetazione con rilevamenti attuali ha mostrato un aumento di neofite, provenienti da regioni più calde e secche, favorite dall'incremento di temperatura, dalle attività commerciali e dalle perturbazioni antropiche degli ambienti. Le specie indigene, che crescono nelle zone umide, nelle brughiere e in montagna, hanno registrato invece un forte declino, mentre quelle amanti del caldo, dei terreni ricchi di nutrienti e ruderali sono aumentate.

PARK GRASS EXPERIMENTAL SITE

ROTHAMSTED (INGHILTERRA)

PRATERIE

Il Park Grass è un sito di ricerca sperimentale, a Rothamsted in Inghilterra, ove vengono anche condotte ricerche di monitoraggio di prati permanenti soggetti a differenti trattamenti agronomici e chimico-fisici, simulando i cambiamenti climatici. Sulla base di esperimenti di campo inerenti l'aumento della concentrazione di

anidride carbonica, il riscaldamento del clima e i cambiamenti nel regime idrico, è stato studiato come il cambiamento climatico ha influenzato e potrà influenzare in futuro la composizione floristica quali-quantitativa delle praterie.

I meccanismi intrinseci delle piante rispondono all'aumento di CO₂
Dal 1856, una ricerca condotta nel Park Grass Site ha testato gli effetti di diverse applicazioni di fertilizzanti sulle prestazioni di resa e sulla composizione floristica dei prati da fieno. Il materiale vegetale raccolto è stato conservato sin dall'inizio dell'esperimento. Questo materiale è ora a disposizione dei ricercatori per studi sullo stato dei nutrienti della vegetazione e sulla composizione degli isotopi di carbonio e ossigeno della biomassa.

L'aumento della concentrazione atmosferica di CO₂ influisce anche sui cicli del carbonio, dell'acqua e dell'azoto nelle praterie e in altri biomi. Il meccanismo che controlla lo scambio di gas con l'atmosfera (la conduttanza stomatica della chioma delle piante) è un attore chiave in questi cicli.

Le piante controllano fino a che punto i loro stomi si aprono per ottimizzare l'equilibrio tra l'assorbimento di anidride carbonica per la fotosintesi e la perdita d'acqua per evapotraspirazione. Con una maggiore esposizione alla CO₂, le piante riducono l'apertura stomatica per risparmiare acqua. Questo effetto è particolarmente efficace nelle specie erbacee. Tuttavia, una riduzione della traspirazione determina un flusso di acqua e sali minerali ridotto dal suolo alle radici e alle foglie, che comporta una riduzione dell'assorbimento di azoto; quest'ultimo è un elemento fondamentale per le piante, essendo un costituente della molecola della clorofilla e partecipando alla sintesi dell'acido nucleico; la sua funzione è quindi importante per la divisione cellulare e la crescita dei giovani tessuti (gemme, fiori e foglie).

Riduzione della resa e deterioramento dello stato nutrizionale
Combinando le analisi della composizione dell'isotopo di ossige-

no e carbonio, azoto e fosforo nella fitomassa e i dati sulla resa e sul clima, il team di ricerca ha analizzato gli effetti fisiologici dell'aumento della concentrazione di CO₂ correlato alle emissioni (circa 30%) e il cambiamento climatico passato associato. È stato scoperto che le comunità erbacee, pesantemente fertilizzate con azoto, hanno subito un deterioramento delle loro qualità nutrizionali. Il cambiamento climatico ha anche comportato una conduttanza stomatica notevolmente ridotta (ora rilevabile con i nuovi metodi di ricerca) e rese significativamente inferiori. L'elemento centrale delle osservazioni dei ricercatori è la risposta ipersensibile alla CO₂ da parte degli stomi nelle specie erbacee che, riducendo il flusso di traspirazione, limiterebbe l'assorbimento di azoto da parte delle radici, causando una sua minore disponibilità per la pianta.

La fertilizzazione con azoto non ha effetti positivi sulla resa dei prati

È stato osservato che i campi fortemente fertilizzati con azoto, dominati da graminacee, hanno ampiamente perso la superiorità della loro resa, rispetto ai campi ricchi di dicotiledoni e legumi che erano meno o non fertilizzati con azoto, nonostante fossero ugualmente concimati nel corso del secolo scorso.

Dal punto di vista dei ricercatori, i risultati indicano che limitare la somministrazione di azoto alle praterie in futuro aumenterebbe il contributo delle leguminose alle rese e, allo stesso tempo, limiterebbe le emissioni di azoto nell'ambiente.

MASELLI & CHIESI, 2022

ALPI

STOCCAGGIO DI CO₂ IN BOSCHI, PRATERIE

Il Consorzio Pro Ambiente si è occupato di applicare un modello per stimare lo stoccaggio di CO₂ di una porzione di foreste nel Parco delle Orobie Valtellinesi di circa 1000 ettari, che comprende anche dei prati-pascolo.

I risultati della presente analisi hanno confermato che, in generale, la capacità di accumulo di carbonio è direttamente dipendente dalla produttività lorda degli ecosistemi (GPP - Gross Primary Production), e quindi da tutti i fattori ambientali che possono influire su questa (temperature, piogge, radiazione, fertilità dei suoli, ecc.). Dal momento che molti di questi fattori variano con la quota, gli ecosistemi ad altitudini inferiori sono in genere quelli che hanno GPP più elevata.

Gli ecosistemi boschivi si sono confermati *sink* più efficaci dei prati-pascolo, dal momento che i primi hanno una alta capacità di immagazzinamento del carbonio sotto forma di biomassa legnosa, che ovviamente non si riscontra negli ecosistemi erbacei. Similmente, nel caso dei prati-pascoli, risulta importante il tipo e l'intensità dell'intervento antropico, che normalmente si esplica sotto forma di tagli e/o pascolamenti. Queste operazioni, infatti, determinano un'asportazione della fitomassa prodotta dall'ecosistema e quindi un aumento apparente della Net Ecosystem Production (NEP) locale (Schulze et al., 2021). Più in particolare, tale asportazione è più intensa nel caso dei tagli, mentre risulta mitigata nel caso del pascolamento dal fatto che buona parte della biomassa consumata dagli animali si trasforma in escrementi e quindi viene riciclata in loco. Ciò ha fatto sì che, nel nostro caso, essendo stati considerati solo prati sottoposti a pascolo, i valori di NEP stimati sono stati relativamente bassi.

DIBARI ET AL. 2020

ALPI

PASCOLI - SCENARI FUTURI

Come base dell'alimentazione del bestiame e delle relative prestazioni, l'evoluzione e la dinamica dei pascoli devono essere attentamente monitorate e valutate, in particolare in ambito alpino, dove gli effetti dell'abbandono sono ulteriormente amplificati dai cambiamenti climatici. Pertanto, l'aumento della temperatura, associato ai cambiamenti nei modelli e nella quantità delle

precipitazioni, sta portando a modifiche dell'estensione e della composizione floristica delle praterie, con conseguenze sulla qualità e quantità di foraggio prodotto. Questo studio ha applicato un approccio di *machine learning* (Random Forest) e tecniche GIS per mappare l'idoneità di sette macrotipi di pascolo più rappresentativi delle Alpi italiane e ha simulato l'impatto dei cambiamenti climatici sulla loro dinamica secondo due scenari futuri (RCP4.5, 8.5¹), due intervalli di tempo (2011-2040, 2041-2070) e tre RCM (Aladin, CMCC, ICTP). I risultati hanno indicato che:

- la metodologia si è dimostrata solida per mappare l'attuale idoneità dei macrotipi di pascolo (classificazione dell'accuratezza media = 98,7%), in modo da prevedere le alterazioni attese dovute al cambiamento climatico;
- il clima futuro probabilmente ridurrà l'attuale estensione dei pascoli idonei (-30% in media) e ne modificherà la composizione, soprattutto per la maggior parte delle praterie più pregiate;
- le aree vocate a pascoli più resistenti al cambiamento climatico, ma meno appetibili (cioè dominati da *Nardus stricta* e altre specie oligotrofe) si espanderanno nel prossimo futuro nel settore nord delle Alpi.

Questi impatti determineranno una perdita di biodiversità e la diminuzione dei valori pastorali dei cotici, entrambi aspetti cardine per il mantenimento della vitalità e della redditività del sistema pastorale alpino nel suo insieme.

1 Scenario RCP8.5: Non viene preso alcun provvedimento in favore della protezione del clima. Le emissioni di gas a effetto serra aumentano in modo continuo. Rispetto al 1850, nel 2100 il forzante radiativo ammonterà a 8,5 W/m².

Scenario RCP4.5: L'emissione di gas a effetto serra è arginata, ma le loro concentrazioni nell'atmosfera aumentano ulteriormente nei prossimi 50 anni. L'obiettivo dei "+2 °C" non è raggiunto. Rispetto al 1850, nel 2100 il forzante radiativo ammonterà a 4,5 W/m².

PROGETTO LIFE PASTORALP ALPI VALDOSTANE E FRANCESI PASCOLI

Gli obiettivi del progetto LIFE Pastoralp (anni 2017-2023, <https://www.pastoralp.eu>) sono quelli di:

- ridurre la vulnerabilità e aumentare la resilienza dei pascoli permanenti alpini tramite l'analisi degli impatti del cambiamento del clima;
- identificare e testare strategie (misure tecniche e misure politiche) di adattamento ai cambiamenti climatici in due aree di studio (Parco Nazionale del Gran Paradiso, Parc National de Ecrins).

A differenza di tanti altri settori alpini, in Valle d'Aosta il 28% dei pascoli sono soggetti a irrigazione e il 46% a fertirrigazione/spandimento dei liquami. Gli alpeggiatori valdostani intervistati hanno ammesso una generale "anomalia" nel clima degli ultimi anni, ma non vi è una percezione uniforme di un cambiamento climatico in corso, anzi si ritiene sia una "normale" variabilità climatica, che è ciclica e si è già verificata in passato. Tuttavia, riportano una maggiore frequenza di fenomeni climatici estremi, con lunghi periodi di caldo siccitoso anche in quota. La siccità è l'aspetto che preoccupa maggiormente, mentre un clima mite è visto positivamente in quanto permette di allungare la stagione di pascolamento.

La ricerca ha evidenziato i seguenti effetti del cambiamento climatico sugli animali:

- aumento dei parassiti;
- infestazione da parte di simulidi;
- calo nella produzione del latte, dovuto al foraggio più scadente e temperature più elevate;
- animali uccisi da fulmini;
- aumento delle zoppie.

Per quanto riguarda lo stato dei pascoli si evidenzia:

- pascoli danneggiati da frane, esondazioni;
- scomparsa di alcune specie erbacee e comparsa di altre;
- minor ricaccio dovuto alla siccità.

Le proposte di soluzione dei problemi riscontrati, indotti dal cambiamento climatico, sono le seguenti:

- ridurre il carico di bestiame, adeguandolo alla produttività delle superfici foraggere;
- rendere più flessibile l'utilizzazione degli alpeggi;
- migliorare/ripristinare i sistemi di irrigazione;
- promuovere interventi infrastrutturali per garantire lo stoccaggio dell'acqua, ridurre i consumi e migliorarne la distribuzione in una logica di gestione consortile;
- migliorare l'utilizzazione di tutte le aree di pascolo dell'alpeggio;
- ampliare le aree di pascolo degli alpeggi o delle aziende di fondovalle;
- contenimento della fauna selvatica;
- sistemazione/ripristino delle strutture esistenti.

Per quanto riguarda, invece, le Alpi francesi, si è impostato un sistema di monitoraggio per la vegetazione pascoliva, attraverso il rilevamento di quindici tipologie principali, tenendo conto della diversità degli ambienti (dalle praterie dei pascoli alpini inferiori a quelle delle comunità alpino-nivali) e delle risposte ai cambiamenti climatici.

I primi risultati di questo progetto mostrano:

- uno scioglimento della neve in media anticipato di 12 giorni nel periodo 1991/2020 (rispetto al 1961-1990);
- episodi più frequenti di gelo dopo lo scioglimento della neve;
- un bilancio idrico negativo in estate;

- una forte variabilità delle condizioni climatiche in autunno;
- una diminuzione della copertura nevosa e un anticipo della stagione di crescita;
- dal 2007 non si sono verificati anni climaticamente “tipici”;
- nessuna tendenza evidente nel numero totale di capi di bestiame in alpeggio;
- nessuna tendenza significativa nella permanenza del bestiame nei pascoli estivi.

4.1.2 Contesto locale

In provincia di Sondrio non è mai stato affrontato nello specifico il tema degli effetti dei cambiamenti climatici su prati e pascoli, probabilmente perché difficilmente scorporabili dai più diffusi e manifesti eventi di abbandono, riforestazione, iper- e ipo-pascolamento, eutrofizzazione; fa eccezione un solo lavoro (Gusmeroli *et al.*, 2008) che riassumiamo di seguito. Tale lacuna ci ha spinti a intraprendere una ricerca mirata, volta alla rivisitazione floristica di prati che erano stati rilevati nel 2005, al fine di capire se nel corso degli ultimi anni si fossero verificate variazioni imputabili ai cambiamenti climatici (rivisitazione progetto CAPPa).

GUSMEROLI *ET AL.*, 2008 VALCHIAVENNA, FONDOVALLE PRATI

In questo lavoro è stato indagato il ruolo dei fattori climatici, edafici e gestionali nel degrado dei prati permanenti di un'area di fondovalle alpino (Valchiavenna - Sondrio), interessata da recenti incrementi di captazioni idriche a scopo idroelettrico e un anomalo ciclo di stagioni calde e siccitose. I risultati mostrano come vi sia stato un progressivo peggioramento della composizione floristica e una riduzione del valore pabulare al crescere della xericità dei substrati e delle termiche e un andamento più complesso per la biodiversità. L'influenza dei carichi azotati sulla

composizione floristica si è invece rivelata non significativa. Il cambiamento climatico in atto potrebbe dunque accentuare derive degenerative in questi cotici, soprattutto laddove non venga compensato da interventi irrigui che garantiscano un buon assorbimento di azoto.

RIVISITAZIONE PROGETTO CAPP COMUNITÀ MONTANA VALTELLINA DI SONDRIO PRATI

Nell'anno 2005, il progetto CAPP (Caratterizzazione agro-ecologica dei prati permanenti di un comprensorio della Media Valtellina), finanziato da Regione Lombardia, aveva cartografato e individuato i principali tipi di prati da fieno nel territorio della Valtellina centrale (Gusmeroli *et al.*, 2008b), sulla base di un data set di 180 rilevamenti fitosociologici, distribuiti secondo una randomizzazione stratificata sul territorio.

I risultati di questo lavoro avevano anche messo in evidenza come negli ultimi 50 anni la superficie occupata dai prati da fieno



Fig. 3 - Maggenghi convertiti a pascolo sulle Alpi Orobie.

nella media Valtellina si fosse ridotta del 50%, in un trend più che allarmante. Negli ultimi anni, la nostra conoscenza del territorio mostra come questo trend sia proseguito, con una progressiva riduzione percepibile a vista sul paesaggio. In particolare, le alterazioni maggiori hanno riguardato i prati di media montagna (maggenghi), convertiti in molte zone da prati a prati-pascolo (Fig. 3); naturalmente, questo fenomeno ha causato cambiamenti nella composizione floristica dei cotici e la necessità di reperire del foraggio sul mercato per la stagione invernale, venendo a mancare quello fornito per l'appunto dai maggenghi.

A 17 anni di distanza, nel 2022, un campione rappresentativo della variabilità tipologica, pari a 79 rilevamenti scelti random, è stato rivisitato, al fine di evidenziare le dinamiche intercorse, presunte, almeno in parte, di essere state promosse dall'aumento delle temperature, dei periodi siccitosi/ondate di calore e dei carichi azotati. A partire dal 2013, infatti, la messa in funzione dell'impianto di biogas di Postalesio ha provocato un incremento dei carichi azotati riversati nei prati e nei campi, poiché il digestato restituito all'agricoltore vede un aumento di azoto rispetto al prodotto conferito, un azoto, oltretutto, presente maggiormente in forma minerale, quindi più rapidamente messo a disposizione degli apparati radicali.

I risultati della rivisitazione floristica 2005-2022 sono riportati nei grafici seguenti, suddivisi per macrotipi di prato (prati pingui, prati di versante, prati di altitudine); vista la non normalità di alcune distribuzioni, i dati sono stati elaborati mediante il test non parametrico per campioni appaiati di Wilcoxon.

Indici di biodiversità

Per quanto riguarda gli indici di biodiversità, il quadro delle variazioni è piuttosto eterogeneo in relazione ai macrotipi di prato. Nei prati di fondovalle si osserva una maggiore equiripartizione delle specie (Indice di Shannon ed Equitabilità sono significativi), a fronte di una Ricchezza floristica che è solo debolmente

aumentata e in maniera statisticamente non significativa. Nei prati di versante le variazioni sono non significative, eccetto per l'Equitabilità. Nei prati di altitudine, Indice di Shannon e Ricchezza floristica sono rispettivamente diminuiti e aumentati significativamente, mentre l'Equitabilità non mostra variazioni di rilevanza statistica.

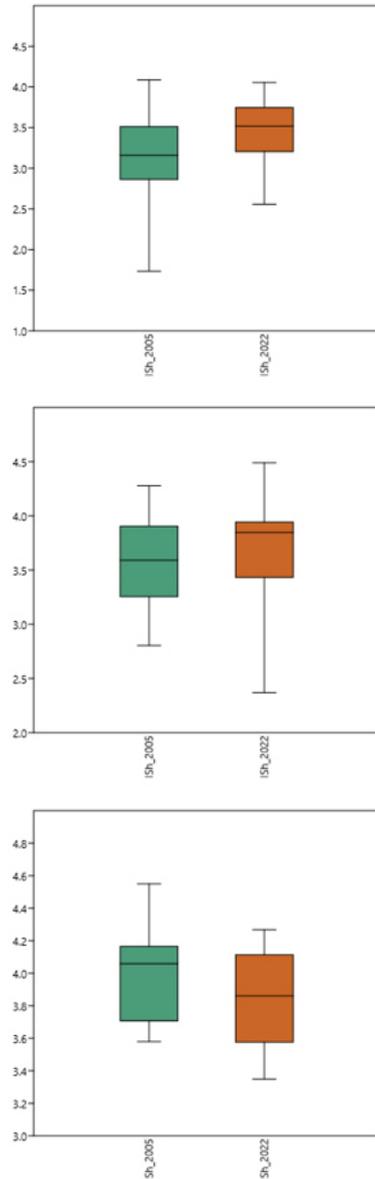


Fig. 4 - Indice di Shannon; dall'alto al basso, prati di fondovalle (n=34)**, di versante (n=22)^{n.s.} e di altitudine (n=23)*. *p ≤ 0.05, **p ≤ 0.01, ***p ≤ 0.001, n.s. = non significativo.

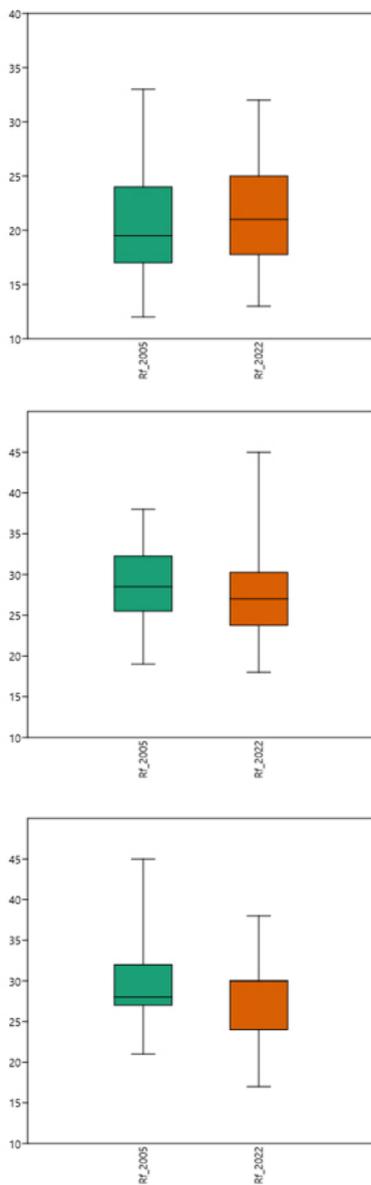


Fig. 5 - Ricchezza floristica; dall'alto al basso, prati di fondovalle (n=34)^{n.s.}, di versante (n=22)^{n.s.} e di altitudine (n=23)*. *p ≤ 0.05, ** p ≤ 0.01, ***p ≤ 0.001, n.s. = non significativo.

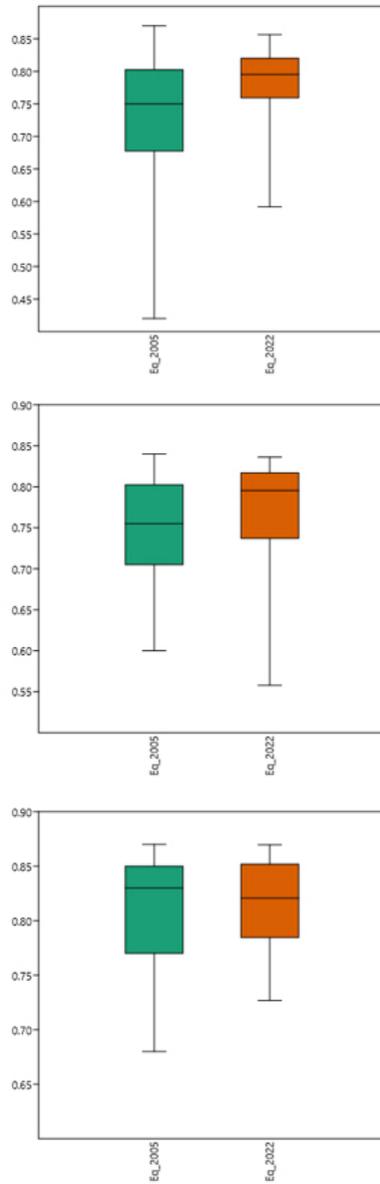


Fig. 6 - Equitabilità; dall'alto al basso, prati di fondovalle (n=34)**, di versante (n=22)* e di altitudine (n=23)^{n.s.}. *p ≤ 0.05, ** p ≤ 0.01, ***p ≤ 0.001, n.s. = non significativo.

Indici di produttività

L'Indice Foraggero è aumentato dal 2005 al 2022 nei prati di fondovalle e di altitudine, tuttavia in modo non significativo; al contrario, nei prati di versante, è diminuito nel tempo, anche qui però senza riscontro al test statistico (Fig. 7).

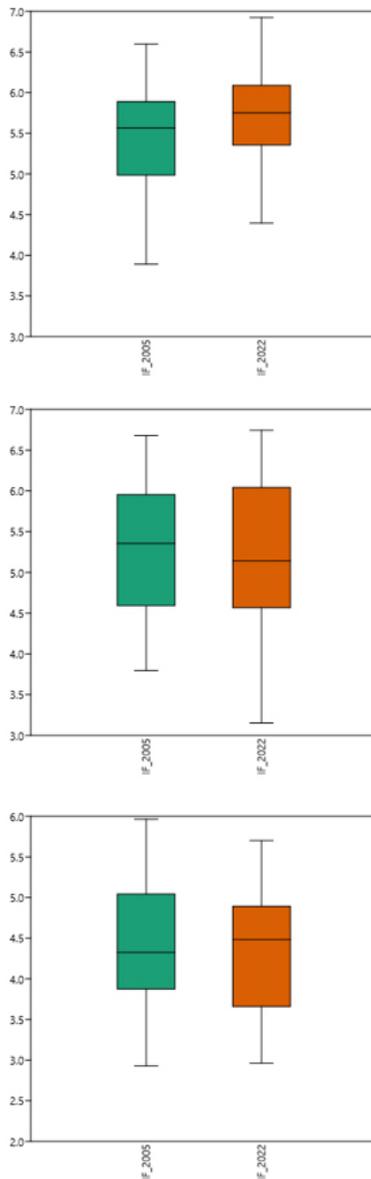


Fig. 7 - Indice foraggero; dall'alto al basso, prati di fondovalle ($n=34$)^{n.s.}, di versante ($n=22$)^{n.s.} e di altitudine ($n=23$)^{n.s.}, * $p \leq 0.05$, ** $p \leq 0.01$, *** $p \leq 0.001$, n.s. = non significativo.

Indici ecologici

L'indice F di Umidità di Landolt diminuisce in modo altamente significativo in tutte e tre le macrocategorie di prato (Fig. 8). Ciò significa che sono progressivamente aumentate le specie termofile e meso-termofile, in accordo con un generalizzato riscaldamento del clima (Fig. 8).

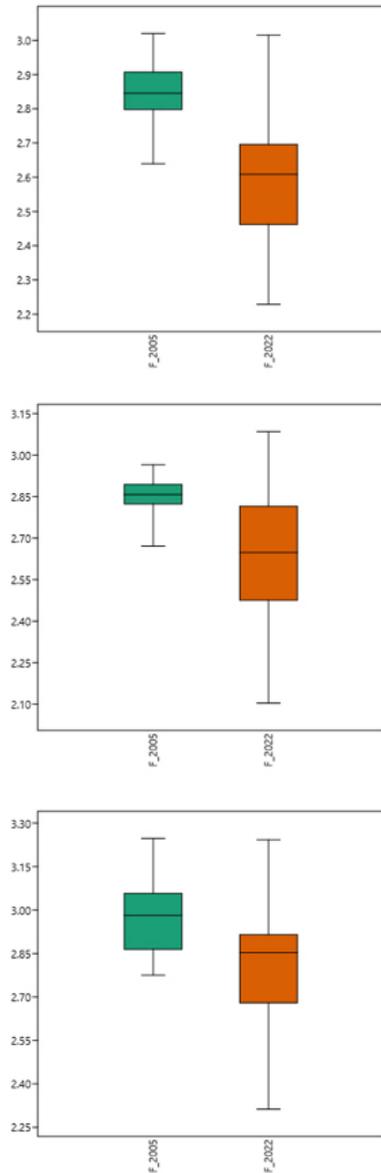


Fig. 8 - Indice F (umidità); dall'alto al basso, prati di fondovalle (n=34)***, di versante (n=22)*** e di altitudine (n=23)**. *p ≤ 0.05, **p ≤ 0.01, ***p ≤ 0.001, n.s. = non significativo.

L'indice N (azoto) è invece significativamente diminuito dal 2005 al 2022; tale comportamento è in controtendenza con le attese, poiché si è assistito, almeno sul fondovalle, a un incremento dei carichi di azoto riversati nei prati e al pascolamento del bestiame in quelli di versante e altitudine, causato dalla conversione dei prati dei maggenghi in prati-pascolo (Fig. 3). Analizzando le figure successive (Fig. 10, Fig. 11, Fig. 12), si nota come tale comportamento sia giustificato per il 2022 da un aumento di copertura delle specie con valore 2 ($p \leq 0.001$) e con valore 3 ($p \leq 0.001$), controbilanciati da una diminuzione delle specie con valore 2 ($p \leq 0.001$).

La maggiore oligotrofia dei prati del 2022 potrebbe trovare giustificazione proprio nella maggiore aridità dei terreni, che è stato dimostrato essere un fattore limitante lo sviluppo delle specie nitrofile (si vedano i risultati delle ricerche della Technical University of Munich,

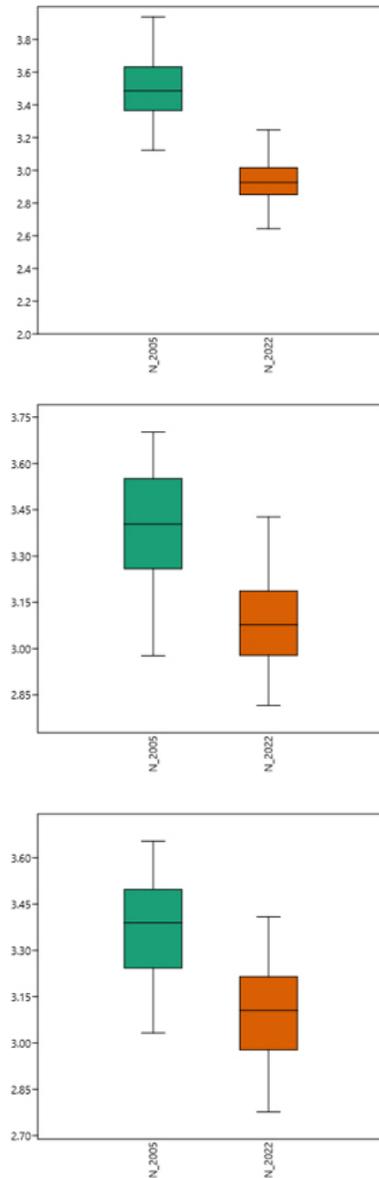


Fig. 9 - Indice N (azoto); dall'alto al basso, prati di fondovalle (n=34)***, di versante (n=22)** e di altitudine (n=23)**. *p < 0.05, ** p < 0.01, ***p < 0.001, n.s. = non significativo.

esposte nei capitoli precedenti). La correlazione positiva (statisticamente significativa) di Fig. 13, tra indici N e F nel 2022, dimostra come all'aumentare della copertura delle nitrofile aumenti l'indicatore F di umidità edafica.

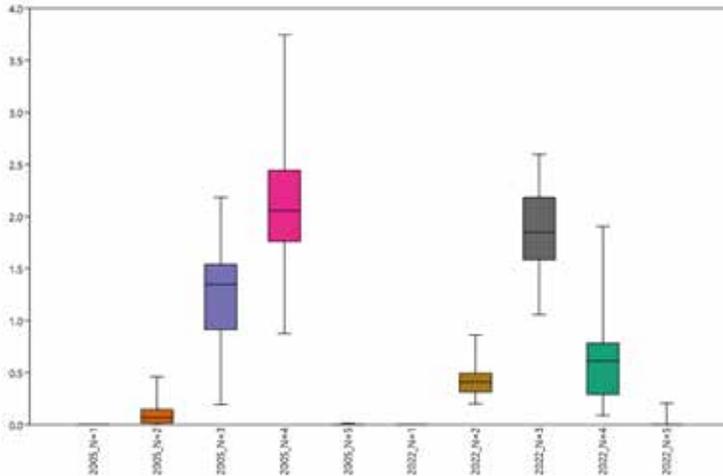


Fig. 10 - Distribuzione delle specie con valori di azoto da 1 a 5 per i prati di fondo valle.

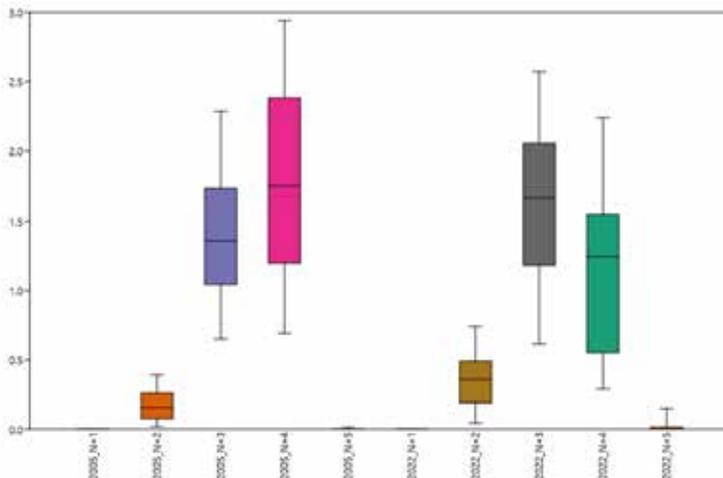


Fig. 11 - Distribuzione delle specie con valori di azoto da 1 a 5 per i prati di versante.

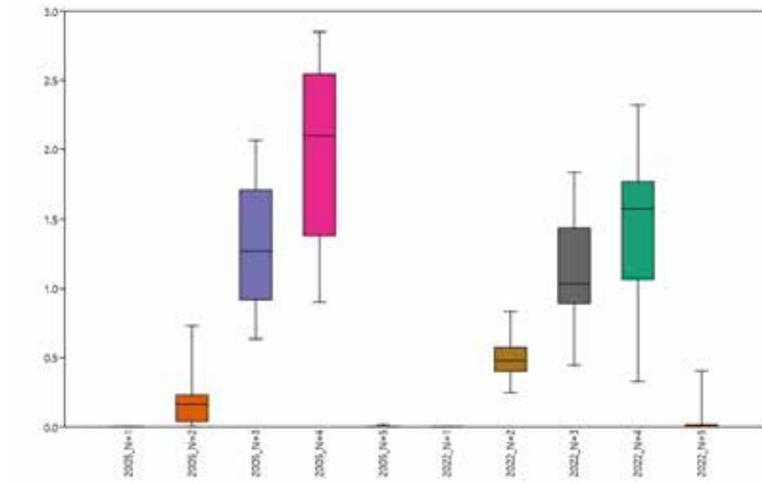


Fig. 12 - Distribuzione delle specie con valori di azoto da 1 a 5 per i prati di altitudine.

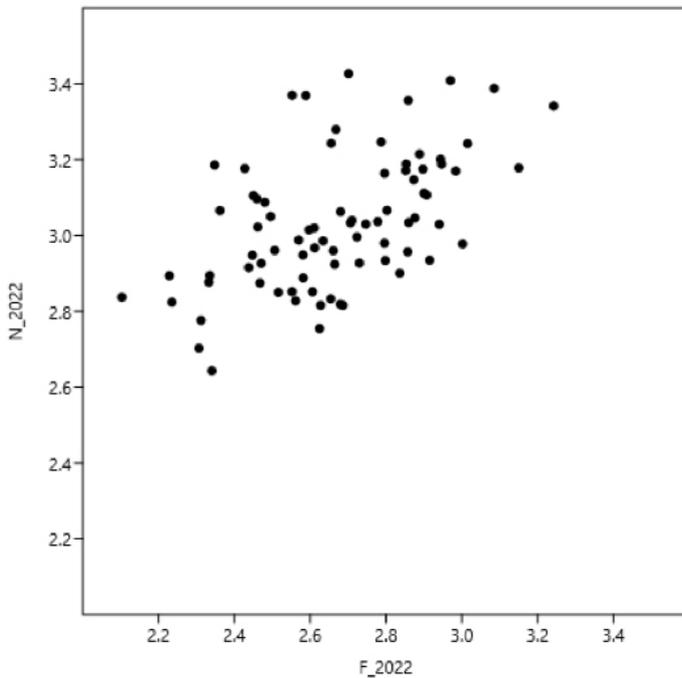


Fig. 13 - Correlazione positiva tra indici N e F dei rilevamenti del 2022 ($r=0.52$).

4.2 Viticoltura

4.2.1 Contesto generale

La vite (*Vitis vinifera* L.) è originaria del bacino del Mediterraneo, pertanto è ecologicamente adatta a sopportare periodi estivi caldi e siccitosi, propri del clima mediterraneo; l'apparato radicale è invece molto vulnerabile alla fillossera, al punto che è stato rimpiazzato, sin dagli inizi del '900, da quello delle viti americane che, essendo resistente, funge da portainnesto per i numerosi vitigni esistenti di *Vitis vinifera*. La resistenza fisiologica della vite, aiutata dalle pratiche agronomiche, sta sfidando i cambiamenti climatici che interessano anche le aree vitate; in questo capitolo vedremo quali sono gli effetti a scala globale e locale, le ricerche e le sperimentazioni in corso.

INCREMENTO DELLE TEMPERATURE

L'innalzamento delle temperature, riscontrato negli ultimi decenni, impatta principalmente su due fasi fisiologiche della vite, quella di pre-germogliamento e quella di maturazione, con il risultato di uno sfasamento della fisiologia della pianta più o meno pronunciato. In primavera, un anticipo del germogliamento determina alcuni effetti quali, ad esempio, la maggiore esposizione alle gelate primaverili (dovute a ritorni di freddo in annate precoci), e una maggiore esposizione a danni causati da nottue, quando a un germogliamento precoce segue un abbassamento delle temperature (Pensa et al., 2021). Un caso eclatante si è verificato nell'annata 2017, quando fenomeni vegetativi e riproduttivi della vite hanno registrato un anticipo di circa 15-20 giorni rispetto alla media. Questo ha provocato nel mese di aprile, in tutto il nord Italia, un sensibile anticipo del germogliamento ed è bastato l'arrivo di aria fredda dall'Artico, nella prima metà di questo mese, per determinare gravi danni da gelata, trovandosi le viti in piena vegetazione (Cicogna e Tonello, 2017; Archivio Notiziari tecnici Fondazione Fojanini di Studi Superiori).

Altro effetto dell'innalzamento delle temperature sulla vite è quello dell'anticipo della maturazione, che avviene in una fase molto delicata per la sintesi di composti polifenolici e aromatici. Questi sono composti derivanti dall'adattamento della pianta al cambiare delle stagioni e delle temperature. La pianta produce composti polifenolici e aromatici per difendersi dall'eccesso di radiazione e di temperatura; questo comporta di conseguenza delle variazioni nella composizione chimica dell'uva e poi del vino, almeno in un certo numero di varietà. I vini prodotti in questi ultimi anni in Italia raggiungono più elevati contenuti zuccherini, che in certe zone può essere un fattore positivo; tuttavia, a questo aspetto bisogna aggiungere (Palliotti et al., 2012):

- il rischio di un accelerato depauperamento del quadro acido dei mosti e aumenti rapidi dei valori di pH con conseguente possibile instabilità microbiologica delle masse in fase di invecchiamento dei vini;
- un disaccoppiamento tra la maturazione tecnologica dell'uva, sempre più accelerata, e la maturità fenolica, maggiormente ritardata all'interno di un quadro particolarmente problematico per i vitigni a bacca nera;
- un aumento dei fenomeni di disidratazione veloce e spesso irreversibile degli acini fino al verificarsi di gravi danni da scottature.

Il problema delle scottature degli acini nel mese di luglio, legato alla forte insolazione, viene accentuato da alcune pratiche agronomiche non corrette, quali defogliazioni drastiche in fascia grappolo, che mettono a nudo i grappoli esponendoli a un peggioramento delle caratteristiche del quadro fenolico (Palliotti et al., 2012).

SICCITÀ E REGIME PLUVIOMETRICO

L'incremento delle temperature crea maggiore traspirazione dalle piante e dal suolo, che dovrebbe essere compensata

da maggiori apporti idrici da precipitazioni; tuttavia, queste, almeno a livello alpino, non sono aumentate nel tempo, ma ne è aumentata l'intensità. Sono sempre più frequenti piogge a carattere temporalesco, che scaricano grandi quantità di acqua in periodi talmente brevi che non riesce ad essere assorbita dal suolo, ruscellando sulla superficie, non ricostituisce in modo ottimale le riserve idriche edafiche. Lo stress idrico porta ad avere grappoli maggiormente spargoli e acini tendenzialmente più piccoli, aspetto che entro certi limiti può essere positivo in quanto favorisce il rapporto superficie buccia/polpa, e riduce la suscettibilità ad attacchi di marciume acido e botrite. Gli interventi in viticoltura di irrigazione di soccorso, purtroppo, non sono facilmente attuabili, oltre al fatto che sono comunque legati alla disponibilità di acqua che scarseggia sempre più, specialmente nelle annate in cui non si verifica un adeguato accumulo invernale di precipitazioni nevose in quota.

AGROSCOPE (SVIZZERA)

VITIGNO CHASSELAS E VITIGNI PIWI

L'Agroscope Viticulture Research Center di Pully registra, dal 1925, i parametri climatici e la fenologia del vitigno Chasselas. Durante questo lungo periodo di osservazione, si è notato che l'apertura delle gemme ha mostrato una leggera tendenza all'anticipo, con estremi di precocità nel 1990 (19 marzo) e tardiva nel 1956 (5 maggio), anno segnato da una storica gelata invernale. L'inizio della fioritura tende a essere precoce, con estremi nel 2011 e 1948 (5 maggio) e tardiva nel 1980 (7 luglio). La stessa tendenza si osserva all'inizio della maturazione, nella fase di invaiatura. Questi risultati mostrano che la vite si adatta prontamente alle variazioni climatiche e che, nel caso della Svizzera, beneficia di condizioni più calde. Occorre tenere conto comunque che il Chasselas è un vitigno precoce e delicato tanto in vigna quanto in cantina e produce vini leggeri.

Attualmente, tra le piante coltivate, la vite è una di quelle che

meglio si adatta ai cambiamenti climatici. Nonostante tutto, restano interrogativi sull'ottimizzazione della data di vendemmia, in funzione dei parametri che determinano la qualità del vino. Tali parametri differiscono a seconda delle pratiche di gestione delle colture e della tipologia dei vini studiati, delle situazioni pedoclimatiche, dei vitigni e dei cloni. Non è sufficiente raccogliere prima per preservare il miglior equilibrio zuccherico-acidità possibile, ma è anche necessario definire la maturità di altri composti come antociani, polifenoli e tannini.

Il cambiamento climatico, in particolare l'accoppiata caldo-umido, aumenta la pressione dei patogeni fungini. In questo contesto, la selezione dei vitigni e dei cloni più adatti rientra tra le priorità di ricerca vitivinicola di Agroscope, alla base di quasi tutti i cloni iscritti nell'elenco nazionale per la produzione di piantine certificate.

La selezione di vitigni resistenti alle malattie fungine (PIWI, acronimo di Pilzwiderstandfähig, che significa resistente alle crittogame) è un altro risultato della ricerca in risposta all'adattamento delle varietà alle condizioni climatiche, in un'ottica di produzione sostenibile ed ecologica. Queste varietà richiedono al massimo due o tre trattamenti fungicidi, rispetto ai sette o otto dei vitigni tradizionali.

Il clima non è costante e il riscaldamento che si misura da oltre 20 anni influenza direttamente il comportamento della vite e dei microrganismi. Questi ultimi vinceranno sempre la battaglia grazie alla loro flessibilità, che conferisce loro una capacità particolarmente dinamica di adattamento sia al clima che ai prodotti fitosanitari. I vitigni con resistenza poligenica sono l'unica prospettiva vincente e la previsione del rischio in funzione dei microclimi consente una gestione precisa degli apporti fitosanitari necessari.

Ciononostante, il commercio liberalizzato di materiale vegetale, obbliga al confronto con sempre nuovi problemi fitosanitari che richiedono soluzioni, come nel caso del fitoplasma della Flav-

scenza dorata, della *Drosophila suzukii* o della *Xylella fastidiosa*, il batterio responsabile della malattia di Pierce della vite che non è ancora presente sul territorio europeo, ma le cui sottospecie si stanno gradualmente diffondendo in Europa e sono in grado di infettare oltre 200 piante ospiti.

PROGETTO SINBIOVAL

WEBINAR: LA RIPROGETTAZIONE DI UNA GESTIONE DEL SUOLO SOSTENIBILE DEL VIGNETO (PROF. GATTI)

Nel corso del 2021 e 2022 si sono svolte le attività del progetto SinBioval sul biologico, un progetto INTERREG che ha coinvolto la Fondazione Fojanini in diverse attività aventi lo scopo di implementare, migliorare, supportare le aziende biologiche presenti in provincia di Sondrio, e aziende potenzialmente interessate alla conversione al biologico. Nell'ambito delle attività, si sono svolti anche incontri tecnici con esperti delle diverse tematiche. Tra questi, in particolare un incontro, che ha visto l'intervento del Prof. M. Gatti (Università Cattolica del Sacro Cuore, sede di Piacenza), ha apportato dei contenuti formativi interessanti sulla gestione della copertura erbacea nel vigneto, potenzialmente applicabili non solo nel biologico ma anche nell'integrato, anche in una prospettiva di cambiamenti climatici.

La relazione ha portato i risultati di alcune ricerche condotte in Appennino piacentino, inerenti la riprogettazione di una gestione del suolo sostenibile del vigneto. In particolare, una ricerca ha confrontato le performance vegeto-produttive di vigneti, il cui suolo è stato oggetto di 4 differenti tecniche di gestione:

- inerbimento spontaneo;
- lavorazione totale (sovescio);
- inerbimento spontaneo a file alterne;
- inerbimento autunno-primaverile a file alterne.

I principali risultati sono di seguito elencati:

- l'inerbimento spontaneo nel contesto sperimentale esercita

una competizione eccessiva a discapito delle performance vegeto-produttive della vite;

- alcune tecniche sono risultate efficaci nel contenere gli svantaggi associati all'inerbimento spontaneo e alla lavorazione;
- risposte intermedie sono state ottenute nel caso della lavorazione a filari alterni;
- l'inerbimento temporaneo, autunno-primaverile, ha incrementato le rese, mantenendosi su livelli qualitativi elevati.

I risultati esposti sono contestualizzati ai substrati appenninici, che contengono buone quantità di limi e argille e nei vigneti è possibile l'uso di macchinari per l'attuazione, ad esempio, della pratica del sovescio.

In provincia di Sondrio il contesto edafico e logistico è differente, pertanto sarebbe da promuovere una ricerca analoga per capire l'efficacia dei diversi trattamenti a livello locale. Tuttavia, emerge che il cambiamento climatico richiede di adeguare le soluzioni tradizionali sinora adottate, in funzione delle specificità territoriali edafo-climatiche. È importante quindi promuovere l'innovazione dei protocolli di gestione del suolo con tecniche capaci di combinare produzioni remunerative e sostenibilità ambientale.

CAPRI ET AL., 2023

COLTURE DI COPERTURA IN VIGNETO: EVAPOTRASPIRAZIONE E CRESCITA RADICALE

Un approfondimento del tema precedente ha visto l'analisi dell'evapotraspirazione e della crescita radicale di diverse tipologie di colture di copertura (CC) in vigneto. L'importanza di una copertura vegetale è una necessità nella viticoltura sostenibile, anche se potrebbe scontrarsi con una possibile eccessiva concorrenza nei confronti della vite. Soprattutto in uno scenario di cambiamento climatico, quest'ultima caratteristica dovrebbe essere ridotta al minimo, pur mantenendo i servizi ecosistemici. Lo studio (Capri et al., 2023) è stato condotto nel 2020 a Piacen-

za su 15 specie di CC coltivate in vaso all'aperto e classificate come graminacee (GR), leguminose (LE) e striscianti (CR); il testimone era rappresentato da suolo nudo.

Prima della falciatura, l'evapotraspirazione (ET) era più alta per le leguminose (18,6 mm / giorno) e più bassa nelle striscianti (8,1 mm / giorno), che sono risultate inferiori all'ET del suolo nudo (8,5 mm / giorno). Gli alti tassi di ET mostrati da LE erano principalmente correlati a uno sviluppo molto rapido dopo la semina, piuttosto che a una maggiore traspirazione per unità di superficie fogliare. Dopo lo sfalcio, la riduzione dell'ET delle 15 specie (%) rispetto all'indice di area fogliare (LAI, m^2m^{-2}) si è mostrata altamente correlata ($R^2= 0,94$), suggerendo che:

- è prevista una diminuzione lineare del consumo di acqua a partire da un LAI iniziale di valore 5-6;
- un effetto di saturazione sembra essere raggiunto oltre questo limite.

La selezione delle specie di colture di copertura da utilizzare nel vigneto si è basata principalmente sui tassi di consumo idrico diurno e stagionale, nonché sulla dinamica e sull'estensione dei modelli di crescita delle radici. Tra le graminacee, *Festuca ovina* si è distinta come quella con il più basso ET per le sue caratteristiche morfologiche (cespi nani, foglie lineari convolute), che la rendono adatta a una copertura interfilare permanente. Le specie CR hanno confermato il loro potenziale per l'inerbimento sotto la vite, assicurando una rapida copertura del suolo, tassi di ET più bassi e una colonizzazione radicale superficiale.

4.2.2 Contesto locale

Nel contesto territoriale sondriese, non siamo al corrente di studi scientifici che abbiano messo palesemente in evidenza gli effetti dei cambiamenti climatici sulla coltura della vite, anche se alcune evidenze e ricerche cominciano a emergere.

La vite, essendo una coltura mediterranea, tollera comunque

periodi anche prolungati di caldo e siccità, tipici del clima mediterraneo, che presenta in particolare un picco di aridità estiva. Questo a maggior ragione per un vitigno di IV epoca di maturazione come il Nebbiolo. Tuttavia, eventi prolungati di siccità - con temperature che per molti giorni si collocano su valori elevati (come si è visto nel 2022, con temperature massime giornaliere costantemente superiori ai 30 °C dai primi di giugno fino quasi a metà settembre, e punte che arrivavano a sfiorare i 40 °C, oltre a fenomeni persistenti di forte ventosità) - possono portare a fenomeni importanti e diffusi di stress per le viti, che a un certo punto iniziano a manifestare avvizzimenti fogliari e blocco di sviluppo degli acini, e in qualche caso anche il loro appassimento, come si è osservato nel 2022 in diverse zone del versante terrazzato. Questo si è manifestato maggiormente nelle aree con terreno poco profondo, con predominanza di rocce affioranti o comunque con un ridotto strato edafico esplorabile dalle radici. È quello che è successo ad esempio in alcune aree della sottozona Sassella (Fig. 14, Fig. 15). Considerando un bilancio complessivo dell'annata, in una stagione così estrema, le situazioni più problematiche, oltre a quelle già citate (vigne con poca terra), si sono ravvisate a livello dei giovani impianti che, non avendo un apparato radicale ben sviluppato, sono più soggetti agli stress idrici e hanno bisogno di acqua di irrigazione per poter attecchire.

L'effetto di questi andamenti termici sulla biologia dei parassiti, evidenzia che, in linea generale, gli artropodi dannosi (Roychoudhury, 2011) possono essere favoriti, nei loro cicli vitali, da un aumento delle temperature che ne anticipano e accelerano le fasi di sviluppo. Ad esempio si è visto che a partire dal 2003-2004, la tignoletta della vite (*Lobesia botrana*) anche in Valtellina, così come in altre areali viticoli (Marchesini et al., 2004), riesce ad anticipare il ciclo di sviluppo e a iniziare (ma non completare) la terza generazione e questo è evidentemente legato all'andamento climatico. In realtà la situazione è più complessa perché queste



Fig. 14 a.b.c.d - Effetti della disidratazione, da siccità e ondate di calore, sui vigneti della Sassella, che hanno portato, in diversi casi, ad avvizzimenti fogliari, aduggiamenti, seccumi e, in alcuni casi, addirittura alla morte delle piante.





Fig. 15 a, b - Effetti del caldo anomalo del 2022 sui grappoli in località Sassella; l'estrema siccità e il calore atmosferico hanno provocato l'avvizzimento degli acini. Nella foto di destra, l'avvizzimento è stato incrementato da un mancato diradamento dei grappoli.



stesse specie, quando le temperature raggiungono valori molto elevati, prossimi a 38-40 °C e le umidità sono basse, subiscono comunque una flessione o un arresto di sviluppo. Questo ad esempio è ben documentato per diversi parassiti tra cui la tignoletta della vite, per azione negativa delle basse umidità sulle uova (Tremblay, 1993). I monitoraggi capillari, attuati negli ultimi anni in provincia di Sondrio sullo *Scaphoideus titanus*, vettore della Flavescenza dorata, hanno evidenziato come l'insetto sia favorito da climi caldo-umidi, come già emerso in studi precedenti, (Posenato et al., 2000); pertanto, nei contesti della viticoltura valtellinese terrazzata, molto calda ed esposta a sud, in linea generale l'insetto non trova condizioni particolarmente favorevoli ma si insedia nelle situazioni con maggior presenza di umidità, ombreggiamento, ecc. Tuttavia le stagioni con elevate temperature anche a fine estate, determinano un prolungamento della sopravvivenza degli adulti (con allungamento del periodo di possibile trasmissione delle infezioni) fino a tutto settembre e inizio ottobre (Alma et al., 2018), determinando un aumento del rischio di trasmissione del fitoplasma a fine stagione. Rimane indiscutibile l'effetto delle elevate temperature invernali-primaverili sulla sopravvivenza dei parassiti, quali le già citate nottue della vite, e il rischio che nuovi parassiti, compresi quelli di nuova introduzione, già arrivati o che in prospettiva potrebbero arrivare, aumentino la possibilità di svernare e di acclimatarsi.

Per quanto riguarda i funghi patogeni, a parte qualche eccezione (principalmente l'oidio della vite), sono favoriti dalle condizioni di caldo umido, e comunque da un andamento meteorologico che vede sia elevate temperature, sia precipitazioni (Matta, 1996). È pertanto evidente come da questo punto di vista, stagioni più calde ma anche più secche per deficit di precipitazioni, siano in sostanza meno favorevoli allo sviluppo dei patogeni. Questo è stato ben evidenziato nella stagione 2022 (ma in generale nelle ultime due-tre annate), nella quale l'epidemiologia di diversi

patogeni fungini che attaccano la vite (*Plasmopara viticola*-peronospora, *Botrytis cinerea*-botrite, e complesso dei funghi e batteri del marciume acetico), sia stata poco favorita grazie al decorso tendenzialmente asciutto dell'annata, non solo in provincia di Sondrio, ma in generale nel Nord Italia. Anche l'oidio (*Oidium tuckeri*), nonostante le condizioni caldo asciutte siano più consone alla biologia di questo fungo, non sembra essere stato particolarmente favorito nel 2022, comparando più che altro nella fase finale della stagione. Tutto questo si è tradotto in pratica in un ridotto numero di interventi fungicidi alla vite.

Un aspetto rilevante è invece quello legato a malattie quali il mal dell'esca. Questo è un consorzio di funghi patogeni che, con diverse tempistiche, invadono i tessuti conduttori della vite determinando difficoltà di traslocazione della linfa e quindi stress della pianta, fino a determinare anche la morte delle viti. Si è visto che, in concomitanza di periodi con andamento meteo estremo (persistente siccità), le viti manifestano precocemente e con maggiore intensità i sintomi di questa malattia tipica del legno. Un effetto analogo, anche se in modo meno regolare, si osserva con la comparsa di sintomi di Flavescenza dorata: periodi prolungati di stress idrico sembrano anticiparne la sintomatologia.

Un altro aspetto della viticoltura, in termini di gestione dell'agro-ecosistema, è la tematica della biodiversità dell'entomofauna dei vigneti, legata alla gestione degli inerbimenti e alla struttura dei vigneti stessi (rittochini, girapoggi). L'aspetto dei cambiamenti climatici, anche se di difficile valutazione, gioca senz'altro un ruolo importante nel favorire o meno alcuni taxa di insetti, soprattutto in termini di sfasamento di fasi di sviluppo, dinamiche di popolazione, fecondità, dimensioni delle popolazioni, come già detto per gli insetti parassiti ecc. (Hallam and Wignall, 1997; Benton and Twitchett, 2003; Wilson et al., 2007). Questo può essere evidentemente rilevato anche sulle biocenosi legate agli inerbimenti, e quindi indirettamente i cambiamenti climatici

possono avere un ruolo nel determinare la biodiversità, elemento di primaria importanza per garantire l'autosostentamento e la resilienza degli agroecosistemi.

In ambito locale, in tal senso, sono state svolte delle ricerche su alcuni *taxa* di insetti anche in funzione delle pratiche agronomiche che possono influenzare questa presenza. La tematica è meritevole di ulteriori approfondimenti in relazione ai cambiamenti climatici, anche perché già attualmente si nota, nei terrazzamenti valtellinesi, una presenza di *taxa* xerotermofili che sono più diffusi in contesti quali quelli mediterranei o prealpini, come alcune oasi xerotermiche di pianura (Dioli, 1974; Osella, 1970; Pozzi, 2022), e sono completamente assenti ad esempio negli areali insubrici perilacustri e in pianura.

PROGETTO “ZONAZIONE VIGNETI VALTELLINA” MODINA ET AL., (2023)

Nell'ambito del progetto “Zonazione Vigneti Valtellina”, a partire dal 1998 e poi proseguito come attività di routine della Fondazione Fojanini in collaborazione con il Dipartimento di Scienze Agrarie dell'Università di Milano, si è iniziata una raccolta dati su 15 postazioni denominate “vigneti guida”, distribuite su tutto

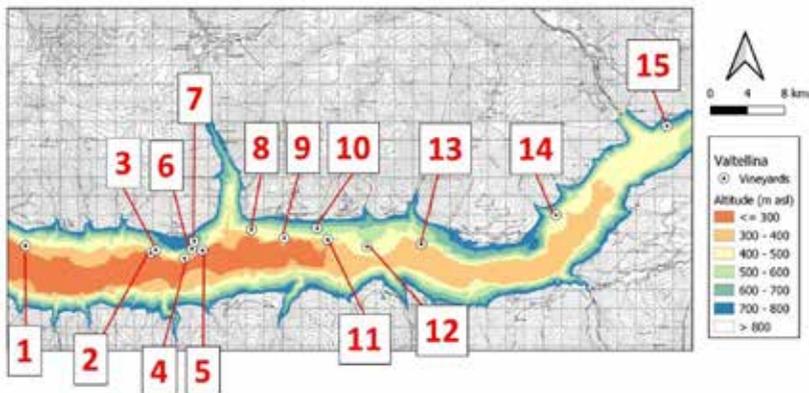


Fig. 16 - Ubicazione dei 15 vigneti guida lungo il versante retico della provincia di Sondrio.

l'asse retico della fascia vitata e rispettivamente a quote diverse comprese tra i 300 e i 700 m (Fig. 16).

All'interno di ogni vigneto, con sestri d'impianto a rittochino e girapoggio, sono stati selezionati in modo randomizzato 2 filari pari a circa 50 viti cadauno, che sono stati mantenuti fissi nel tempo; a partire dal mese di luglio e con cadenza circa quindicinale, sono stati raccolti dei pezzi di grappolo (code, ali e parte centrale) sia sul lato a orientamento Est che Ovest, per un totale di circa 1 kg di uva. Il materiale così raccolto e portato in laboratorio è stato successivamente schiacciato a mano, recuperando la parte liquida utilizzata per le analisi. L'obiettivo era quello di monitorare la maturazione dell'uva, sulla base dei seguenti indicatori:

- DOY15 - il giorno dell'anno in cui il contenuto zuccherino è pari a 15° Brix², rappresentativo dell'inizio della maturazione;
- DOY20 - il giorno dell'anno in cui il contenuto zuccherino è pari a 20° Brix, rappresentativo della maturazione fisiologica³;
- RL - durata della maturazione, numero di giorni fra DOY15 e DOY20;
- AT - acidità titolabile in corrispondenza del raggiungimento dei 20° Brix.

I grafici di Fig. 17 e Fig. 18 mostrano rispettivamente la variabilità

² Il grado Brix è una misura delle sostanze solide dissolte in un liquido. Il Brix è usato inoltre per calcolare la gradazione alcolica di bevande fermentate come il vino e la birra, misurando la differenza di densità del liquido prima e dopo la fermentazione alcolica. In questo senso, esprime la lettura con metodo rifrattometrico della percentuale di zucchero contenuto del mosto, espressa in peso (kg zucchero/quintale di mosto). Si misura generalmente a 20°C, ed esprime valori da 0 a 30;

³ La maturazione fisiologica dell'uva avviene quando gli acini sul grappolo hanno completato il processo di maturazione, ossia è cessata la connessione vascolare tra la vite e l'acino, che non assorbe più la linfa elaborata dalla pianta; a questo stadio i semi sono maturi e in grado di germinare.

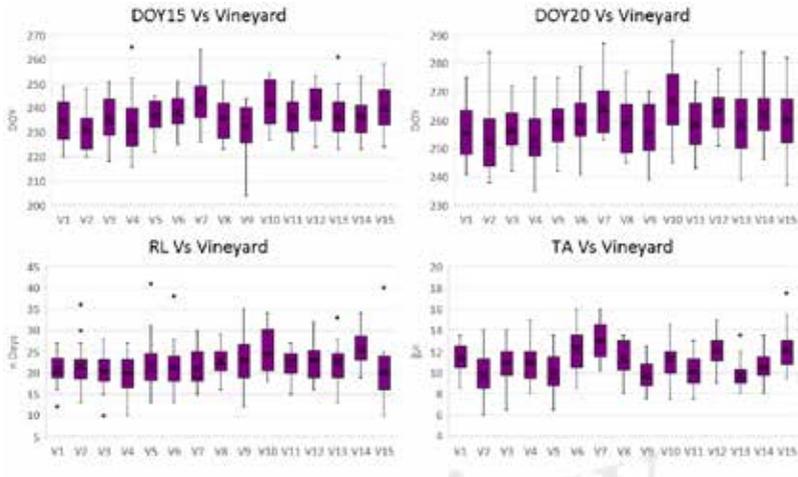


Fig. 17 - Indici di maturazione DOY15, DOY20, RL e TA per ciascuno dei 15 vigneti (V1-V15), considerando 21 anni di dati. Per ogni vigneto, "X" rappresenta la media, la linea orizzontale è la mediana; la "scatola" si estende dal quartile superiore a quello inferiore. I baffi (linee verticali fuori dagli schemi) rappresentano la variabilità dei dati al di fuori dei quartili superiore e inferiore. I punti al di fuori della linea dei baffi rappresentano gli outliers.

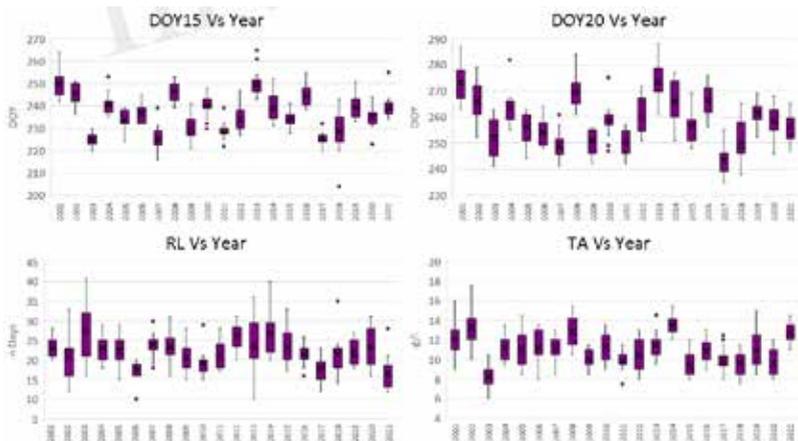


Fig. 18 - Indici di maturazione annuali DOY15, DOY20, RL e TA, considerando i dati dai 15 vigneti. Per ogni anno, "X" rappresenta la media, la linea orizzontale è la mediana; la "scatola" si estende dal quartile superiore a quello inferiore. I baffi (linee verticali fuori dal riquadro) rappresentano la variabilità dei dati al di fuori dei quartili superiore e inferiore. I punti al di fuori della linea dei baffi rappresentano gli outliers.

per vigneto e per anno degli indici di maturazione indagati. Si è cercato di spiegare tale variabilità analizzando l'effetto sulla maturazione dei seguenti indici:

- Altitudine (m);
- Esposizione (°);
- PPAR - Radiazione Fotosinteticamente Attiva Potenziale Annuo (MJ);
- ATY - Temperatura media annua - media 2001-2020 (°C);
- PrecY - Precipitazione cumulata annua - media 200-2020 (mm);
- HWY - Ondate di calore annue (giorni al di sopra dei 32°C) - media 2001-2020 (n. giorni).

I risultati di questo studio possono essere così riassunti:

- la maturazione dell'uva nei vigneti mostra fluttuazioni annuali, ma non trend significativi;
- la maturazione è fortemente correlata con l'altitudine e la temperatura e lo stesso vale per l'acidità totale, condizione tipica per la viticoltura di montagna;
- l'aumento delle condizioni di eccesso termico estivo mostra una correlazione negativa con la data di maturazione fisiologica (DOY20) e con l'acidità totale (TA), quindi aumentando l'eccesso termico, la maturazione dell'uva avviene più rapidamente e diminuisce l'acidità totale; tuttavia, il livello delle variazioni non è ritenuto dannoso per la qualità dei vini, poiché pochi giorni con temperature più elevate durante la maturazione possono essere utili per il potenziale di maturazione;
- le precipitazioni più elevate, invece, determinano un rallentamento della maturazione e una maggiore acidità totale.

Le aree alpine, al contrario della maggior parte delle aree viticole del mondo, si trovano attualmente ad affrontare condizioni ambientali favorevoli alla qualità della produzione, poiché in concomitanza con uno sviluppo precoce si osserva un aumento

degli zuccheri e il mantenimento di buoni livelli di acidità. In tal senso, considerando le attuali caratteristiche climatiche e gli scenari futuri previsti, il recupero e l'utilizzo di vigneti ad alta quota potrebbero essere un'opzione promettente. Nello specifico contesto viticolo valtellinese, ciò potrebbe suggerire la possibilità di recuperare i terrazzamenti marginali abbandonati, situati ad altitudini più elevate e l'adozione di idonee varietà.

SPERIMENTAZIONE IN COLLABORAZIONE CON L'UNIVERSITÀ DI MILANO E I VITICOLTORI PIEMONTESEI

La Fondazione Fojanini a partire da quest'anno sta portando avanti una sperimentazione con l'Università degli studi di Milano e i Viticoltori piemontesi (zona Ghemme-Novara) su vitigno Nebbiolo; l'obiettivo è quello di valutare in stagioni "estreme" come il 2022 l'effetto di alcune pratiche colturali sulle uve, da poter consigliare ai viticoltori in annate particolarmente secche e calde, che in prospettiva rischiano di essere sempre più frequenti. In due vigneti (Fig. 19) di cui uno molto esposto e poco profondo (Sassella, Castione), l'altro di fondovalle e in condizioni di maggiore fertilità e umidità (Fiorenza, Piateda), sono state testate le seguenti pratiche su una decina di piante:

- diradamento dei grappoli, ossia il 30% dei grappoli sono stati eliminati;
- diradamento dei grappoli (30%) + cimatura dei tralci;
- spuntatura del 30% di ciascun grappolo;
- spuntatura del 30% + cimatura dei tralci;
- solo cimatura precoce dei tralci;
- testimone non trattato, corrispondente ad una gestione aziendale senza particolari interventi.

Gli interventi sono stati effettuati nelle date 30.5.2022 (Fiorenza) e 1.6.2022 (Sassella), durante la fase fenologica di allegagione; i dati sono attualmente in elaborazione da parte dei ricercatori dell'Università di Milano.



Fig. 19 - In alto, vigneto in località Firenze (coord.: 46.162307 °N, 9.950563 °E); sotto, vigneto in località Castione (coord.: 46.167120 °N, 9.814686 °E).

PROGETTO MOGEINVITE

Nel corso delle annate 2021 e 2022 si sono svolte le attività del progetto MOGEinVITE, finanziato dal GAL Valtellina-Valle dei Sapori, avente lo scopo di testare soluzioni tecniche innovative in viticoltura (comprendente sensoristica innovativa, centraline meteo, trappole a controllo remoto, confusione sessuale della tignoletta con sistema spray, utilizzo di droni per la lettura multispettrale e droni per irrorazione vigneti). Nell'ambito del progetto sono stati testati alcuni sensori del contenuto idrico e di umidità del terreno (Decagon e tensiometri), allo scopo di valutare l'applicabilità di tali strumenti alla viticoltura, e con la prospettiva di riuscire a effettuare, in modo più puntuale, eventuali interventi di irrigazione di soccorso (gli unici consentiti dal disciplinare di produzione) (www.fondazionefojanini.it, post del 13 maggio 2021).

DIFFUSIONE DEGLI ULIVETI

Il risultato più palese del legame tra colture arboree e cambiamenti climatici è forse rappresentato dal progressivo spostamento verso nord di colture tipicamente meridionali: in Sicilia si è partiti con le coltivazioni di avocado e di banane, mentre lungo l'arco Alpino sta dando risultati positivi la coltivazione dell'ulivo (Fig. 20). In Valtellina, a partire dagli anni '90, sul versante retico più asso-



Fig. 20 - Uliveti del Lago di Garda (foto: Adobe Stock).



Fig. 21 - Sopra, nuova piantagione di ulivi in località Mossini (Sondrio); sotto, esteso uliveto produttivo tra Tresivio e Ponte in Valtellina, nel sito pioniero per questa coltura in Valtellina.

lato e caldo, sono comparse, a macchia di leopardo, coltivazioni di ulivo, anche se una ricerca storica ha certificato la presenza di questa specie in epoche passate (1500/1600), dove l'olio prodotto non era destinato ad uso alimentare (per la presenza di grassi animali), ma bensì a fini religiosi o per illuminazione. La diffusione dell'ulivo in Valtellina è comunque correlata al manifestarsi di inverni sempre meno freddi, trattandosi di una pianta che risente delle gelate invernali, oltre a essere una specie con poche esigenze agronomiche, fitosanitarie e in grado di produrre un olio di montagna con caratteristiche di pregio.

Gli uliveti sono sorti principalmente come recupero di incolti di ex terreni vitati e quasi mai in sostituzione di vigneti, soprattutto attorno ai piccoli centri abitati e non in zone a denominazione (vigneti DOCG) (Fig. 21). Oltre al clima, divenuto via via sempre più favorevole alla coltivazione dell'ulivo, un altro fattore di promozione è stata la campagna mediatica a favore dell'olio d'oliva quale condimento "più salutare" del burro.

Nonostante il netto incremento nell'ultimo decennio (Fig. 22), l'uliveto in Valtellina può ancora considerarsi una coltura amatoriale poiché non così redditizia come la viticoltura; tuttavia, da qualche anno, sul mercato, si comincia a trovare l'olio valtellino in bottiglia.

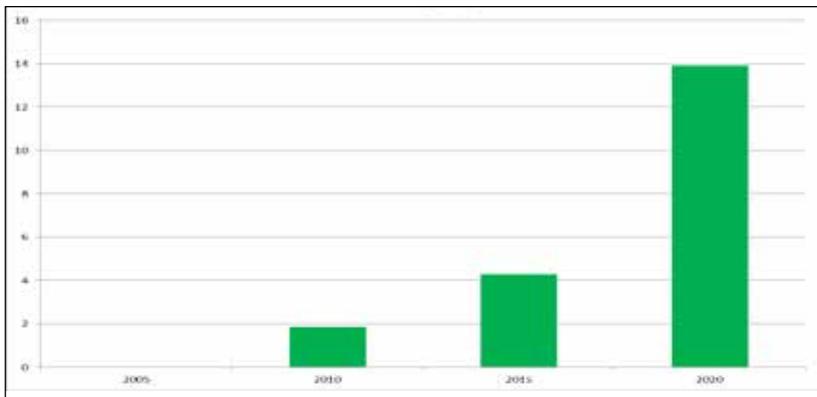


Fig. 22 - Ettari di superfici destinate all'ulivicoltura in netto aumento dal 2005 al 2020 (fonte: SIARL).

4.3 Frutticoltura

Per quanto riguarda le colture frutticole, si è indagato in modo approfondito il settore della melicoltura, che per estensione è quello dominante in provincia di Sondrio.

4.3.1 Contesto generale

PAUL *ET AL.*, 2011

FENOLOGIA MELETI E INSETTI FITOFAGI

Tutte le piante da frutto hanno mostrato una tempistica anticipata delle fenofasi, principalmente in primavera, all'inizio della stagione vegetativa. Una fioritura anticipata è maggiormente soggetta a pericolo di gelate tardive. Infatti, durante la fase di bocciolo fiorale, eventuali gelate hanno un impatto significativamente inferiore rispetto alla fase di fioritura.

Il cambiamento climatico può influenzare la distribuzione e abbondanza di insetti fitofagi, in particolare lepidotteri, nonché la loro fenologia, in particolare i tempi di arrivo e di emergenza delle larve e il numero di generazioni.

STAINER *ET AL.*, 2011

MELETI ALTOATESINI

Cambiamenti nel regime delle temperature e dell'insolazione
Temperature notturne più elevate in primavera provocano:

- una minor compattezza della polpa;
- la riduzione della serbevolezza delle mele;
- lo sviluppo di una forma più appiattita del frutto;
- un assottigliamento della buccia dei frutti;
- il formarsi di lesioni e la comparsa di rugginosità.

Temperature notturne più elevate a fine estate provocano:

- un'accelerazione del processo di maturazione;
- una più rapida degradazione della clorofilla (schiarimento della colorazione di fondo);

- una più rapida degradazione degli acidi;
- un maggior contenuto in zuccheri e una più marcata tendenza alla vitrescenza;
- una più veloce degradazione della compattezza del frutto;
- una riduzione della formazione della colorazione di copertura (sovraccolorazione);
- una più limitata finestra di raccolta.

Temperature più elevate in primavera provocano:

- partenze più precoci di infestazioni di psille vettori di micoplasmosi (*Psylla melanoneura* ecc.), di afidi in generale, di (*Eriosoma lanigerum* in particolare) e di *Cydia pomonella* (Carpocapsa) e altri fitofagi;
- il verificarsi di un maggior numero di infezioni gravi di ticchioratura, se in presenza di periodi di prolungate precipitazioni;
- in presenza di temperature estive superiori ai 30 °C, la pianta, per evitare il processo della cavitazione, procede alla chiusura degli stomi, fatto che riduce i processi metabolici e frena lo sviluppo dei frutti.

Temperature più elevate in inverno causano:

- uno svernamento delle piante in condizioni di parziale o non completa quiescenza dei tessuti, con conseguenze sulla fisiologia della pianta, e il verificarsi nella primavera successiva di fenomeni di fessurazione della corteccia, associati a fisiopatie quali ad esempio la Moria del melo, collegata a sua volta alla presenza di batteri;
- condizioni più favorevoli per lo svernamento di patogeni fungini e soprattutto di parassiti quali la cimice asiatica (*Halyomorpha halys*).

L'aumento dell'irradiazione globale e del numero di ore di sole provocano:

- un incremento dei danni da ustione solare;
- un aumento dell'evapotraspirazione e del rilascio energetico in atmosfera;

- la comparsa di rugginosità sui frutti delle varietà sensibili;
- ingiallimenti e bronzature fogliari causati dall'ozono troposferico;
- l'aumento della fotosintesi con incremento produttivo/unità di superficie;
- l'aumento dell'occorrenza di eventi grandinigeni.

L'aumento della temperatura nel terreno provoca:

- un ritardo dell'arresto vegetativo;
- l'insufficiente maturazione del legno con il rischio del verificarsi di danni da gelo sull'apparato legnoso delle piante;
- la comparsa del fenomeno del seccume invernale, che causa un aumento della superficie evapotraspirante, dovuto ad un'incompleta caduta del fogliame;
- l'incremento dell'accrescimento dell'apparato radicale, al quale fa seguito un eccesso di vigoria;
- una maggiore percezione della "stanchezza" del terreno, che si manifesta con un incremento del metabolismo di funghi e nematodi.

Adattamenti orografici

A partire dagli anni '90, la temperatura media si è alzata di circa 2 °C, pari a un potenziale innalzamento delle fasce di vegetazione di 300 m in altitudine, se applichiamo il gradiente di -0.6 °C per ogni 100 m di risalita. Pertanto, con il riscaldamento del clima, si avrà l'opportunità di coltivare a quote più elevate e di ampliare la coltura anche sui versanti non direttamente esposti a sud.

Inverni meno rigidi

Il riscaldamento del clima ha già prodotto una mitigazione degli inverni, che sono sempre meno rigidi; inverni più miti possono creare impatti negativi a quelle piante che necessitano di un ciclo di gelo durante la fase di riposo vegetativo (vernalizzazione) per poter fiorire e fruttificare la stagione successiva.

GUARNACCIA & GULLINO, 2022 STUDI PRESSO IL CENTRO “AGROINNOVA” DELL’UNIVERSITÀ DI TORINO

Organismi patogeni

Le malattie delle piante causano rilevanti conseguenze economiche ed ecologiche su scala globale. Alcune malattie sono note e studiate da decenni, mentre nuovi patogeni compaiono sempre più frequentemente su colture di interesse agrario, a causa dell’innalzamento delle temperature che ne consentono lo spostamento e la sopravvivenza nelle nuove aree colonizzate. I cambiamenti climatici stanno già mostrando i loro effetti sulle malattie dei fruttiferi di interesse nazionale quali melo, kiwi, pesco, albicocco, ciliegio e piccoli frutti, suscitando una costante attenzione sulla conoscenza dell’interazione tra i patogeni coinvolti, i fattori ambientali e il ruolo della sanità del materiale di propagazione.

Diversi fattori ambientali e climatici, quali la temperatura, le concentrazioni di ozono atmosferico, metano e CO₂, la disponibilità di luce e di acqua, la fertilità del suolo e la velocità del vento, influenzano lo sviluppo degli organismi patogeni delle piante (Thomson et al., 2010).

Studi attualmente in corso, presso il Centro di Competenza per l’Innovazione in campo agro-ambientale “Agroinnova” dell’Università di Torino, hanno permesso di identificare numerosi patogeni responsabili di malattie dei fruttiferi, favoriti dal riscaldamento climatico:

- cancri del melo (cancro rameale di *Nectria*, funghi della famiglia delle *Botryosphaeriaceae*);
- malattie da reimpianto nelle monocolture specializzate, causate da temperature elevate e suoli saturi a seguito di precipitazioni abbondanti (marciumi radicali causati da microrganismi quali *Phytophthium* sp. pl.);
- antracnosi dei piccoli frutti come mirtillo e lampone (dissec-

camenti causati da patogeni fungini, anche provenienti da zone tropicali).

I patogeni delle piante, associati ai cambiamenti climatici, sono numerosi e in costante evoluzione. Il materiale di propagazione può rappresentare una fonte di inoculo, pertanto è molto importante acquisire le piante da un vivaio certificato. Tecniche di diagnostica molecolare (Loop-mediated isothermal amplification o multiplex PCR) consentono di rilevare rapidamente i patogeni sul materiale di propagazione, direttamente in condizioni di campo o vivaio.

XILOYANNIS & MININNI, 2018

MELICOLTURA ITALIANA

Revisione dei criteri della frutticoltura intensiva

Acqua e frutticoltura

Sempre più spesso la disponibilità di acqua per irrigare viene a mancare non soltanto negli ambienti meridionali ma in tutte le regioni italiane. La scarsità di acqua e le elevate temperature provocano notevoli danni alle produzioni con ripercussioni anche negli anni successivi a quello in cui il fenomeno estremo accade. I fenomeni estremi del cambiamento climatico in atto stanno mettendo in discussione alcuni concetti sui quali è stata basata e sviluppata, negli ultimi 50 anni, la frutticoltura italiana e non solo. La scelta del metodo irriguo e la sua corretta gestione sono importanti per ridurre gli sprechi ed aumentare l'efficienza d'uso dell'acqua, ma è importante soffermarsi su quello che bisognerebbe fare al momento dell'impianto del frutteto e durante la sua gestione.

La scelta del portinnesto

I portinnesti "nanizzanti", che sviluppano un apparato radicale superficiale, senza interessare gli strati profondi del suolo, hanno la capacità di esplorare un volume di suolo molto limitato e, di conseguenza, sono molto sensibili ai periodi prolungati di carenza

idrica. Nei periodi di elevata domanda evapotraspiratoria hanno bisogno di interventi irrigui giornalieri. È ovvio che la loro scelta spesso viene fatta per contenere lo sviluppo delle piante e, di conseguenza, aumentare la densità per ettaro. L'introduzione dei portinnesti "nanizzanti" del ciliegio in ambienti con scarse disponibilità idriche, ha causato elevati danni e perdite economiche ed è stato necessario espiantare e utilizzare portinnesti più vigorosi. Nei prossimi anni sarà quindi necessario riorientare le scelte dei portainnesti e adottare altri interventi per contenere la vigoria.

Specie, varietà e densità di piantagione

È necessario rivedere il termine "vocazionalità" e il peso che bisognerebbe dare ai vari fattori al momento della scelta della specie, della varietà e del portinnesto. Bisogna indirizzare la scelta verso specie non idro-esigenti ma tolleranti alla carenza idrica (ne esistono diverse) e varietà a maturazione precoce (periodo breve tra la fioritura e la raccolta). Per aumentare il volume di suolo a disposizione dall'apparato radicale e l'autonomia della pianta per le sue necessità idriche, sarebbe importante rivedere la densità di piante per ettaro.

Forma di allevamento e potatura

L'efficienza d'uso dell'acqua da parte della pianta è diversa nelle varie forme di allevamento e dipende dal rapporto tra le foglie esposte alla luce e quelle ombreggiate. Notevole è, inoltre, il risparmio idrico che è possibile ottenere con l'intervento della potatura verde, che però andrebbe calibrata in funzione della carica fruttifera.

Ricostruire la struttura e la fertilità del suolo

Il suolo è una risorsa non rinnovabile, caratterizzata, negli ultimi decenni, da un declino nella qualità, con conseguenti ripercussioni sulle produzioni agricole. Una delle principali sfide del ventunesimo secolo è contrastare la degradazione del suolo,

ripristinandone la fertilità e ottenere, così, una maggiore resilienza delle piante agli stress biotici e abiotici. Con l'adozione di pratiche agricole sostenibili, gli agroecosistemi sono in grado di ribaltare questo andamento, sequestrando CO₂ dall'atmosfera e migliorando la sostanza organica e la biodiversità del suolo. L'incremento della biodiversità contribuisce a ripristinare e migliorare la qualità del suolo. Portainnesti con apparato radicale profondo e possibilmente caratterizzati da una densità radicale elevata hanno la capacità di migliorare l'immagazzinamento dell'acqua durante i periodi piovosi. L'accumulo di acqua, in questi casi, è rilevante e può raggiungere valori di 3000-4000 m³ ad ettaro. Una diversa gestione del frutteto può influire sulla struttura, la morfologia e altre caratteristiche idrologiche del suolo. È fondamentale, quindi, migliorare la conducibilità idraulica dei suoli attraverso una gestione sostenibile dell'intero sistema, con l'obiettivo di migliorare il contenuto in sostanza organica e incrementare l'accumulo della risorsa idrica.

Rivedere gli standard qualitativi e i parametri per stabilire il prezzo del prodotto

Il clima imprevedibile degli ultimi anni ha causato produzioni abbondanti di frutta e verdura dall'aspetto "brutto" e "irregolare", con aumentate imperfezioni e cicatrici, oltre a determinare carenze per le annate successive. Il gelo, il vento, la pioggia e la siccità possono scolorire e macchiare i prodotti, ma senza alcuna perdita di sostanze nutritive. Al contrario, però, le richieste di rispondere ad alcuni standard di qualità estetica aumentano il costo dei prodotti, perché gli agricoltori devono ottenere prezzi più alti per i loro prodotti, indispensabili per far quadrare i conti. Attualmente, il prezzo pagato ai produttori si basa quasi esclusivamente su due parametri: peso e caratteristiche estetiche. Le differenze di prezzo sono notevoli passando da una classe di pezzatura all'altra. Spesso, la quantità di frutti che rimangono in campo (non raccolti in quanto piccoli o con difetti estetici) e

quella che le organizzazioni dei produttori scartano in magazzino, rappresentano il 30-40% del totale prodotto. Tale situazione, oltre ad incidere economicamente, costituisce un impatto molto negativo dal punto di vista ambientale e di consumo delle risorse. Selezionare il cibo sul piano estetico piuttosto che su quello nutrizionale non sembra essere più sostenibile di fronte alle problematiche attuali.

Insistere ancora sul frutto bello e grosso trova giustificazioni nei parametri qualitativi? Quasi mai anzi, per ottenere frutti grossi e belli spesso si segue la via più semplice (concimazioni azotate in eccesso e aggiunta di altri formulati chimici, che ingrossano il frutto ma ne peggiorano la qualità, determinando grosse perdite durante la conservazione o nei vari passaggi della filiera). Infatti, biostimolanti e fitoregolatori aumentano il numero e le dimensioni delle cellule, ma non l'attività fotosintetica, con il risultato finale di frutti più grossi, ma con valori di sostanza secca inferiori. Dobbiamo imparare ad apprezzare e consumare anche i frutti "imperfetti" che spesso, dal punto di vista nutraceutico, sono migliori dei frutti "perfetti" esteticamente.

Questo tipo di mercato è già iniziato, a partire dagli anni 2000, in varie parti del mondo, tra cui il Cile, l'Australia, la California e il Regno Unito, ove viene promosso quello che normalmente viene considerato "scarto", con prezzi leggermente più bassi. Numerose catene di supermercati hanno iniziato, da alcuni anni, ad "allentare" gli standard di qualità dei prodotti, rispondendo alla sempre più incalzante necessità di ridurre lo spreco alimentare, accettando frutta e verdura perfettamente buone e con elevati valori nutrizionali, ma di forma irregolare.

La frutticoltura in ambiente controllato, che ha come obiettivo produrre frutta "perfetta" controllando i danni causati dal vento, dalle piogge, dalle alte temperature, dagli attacchi parassitari, non è una soluzione concreta né l'unica strada possibile.

Per contrastare realmente i cambiamenti climatici, il tentativo di controllare fenomeni naturali, che diventano sempre più

imprevedibili e ingovernabili, è vano. Bisogna modificare le informazioni da dare a tutti gli attori e i protagonisti della produzione e della filiera del cibo. È necessario inviare messaggi diversi ai consumatori sulla qualità reale della frutta; chiedere a chi fa miglioramento genetico di rivedere le priorità alla base della selezione; alle organizzazioni dei produttori di rivedere i parametri presi in considerazione per stabilire il prezzo da pagare al produttore oggi insostenibile e ingiusto; ai fisiologi e agli agronomi di portare in azienda i concetti della sostenibilità, con un uso corretto della chimica. Ripensare, di fatto, le scelte alimentari nella direzione di un maggior benessere ambientale.

HOT NEW APPLE

PROGETTO TRA SPAGNA E NUOVA ZELANDA

La varietà di mela HOT84A1 (Fig. 23), che deriva da un progetto di collaborazione tra Nuova Zelanda e Spagna, è stata selezionata per essere coltivata in climi caldi (<https://www.plantandfood.com/en-nz/article/introducing-a-hot-new-apple>). È stata piantata per la prima volta commercialmente, in Spagna, nel 2020. Le selezioni d'élite dell'Hot Climate Programme assicureranno che



Fig. 23 - Varietà di mela HOT84A1, selezionata per crescere in climi caldi.

mele e pere, con gusto, consistenza e aspetto visivo ricercati dai consumatori, prospereranno anche con il riscaldamento del clima a scala mondiale. Questa varietà potrebbe anche creare nuove opportunità per i coltivatori in aree attualmente troppo calde, o che lo stanno diventando, per la produzione di mele. Il rilascio di HOT84A1 è il primo passo per garantire che Plant & Food Research, in un clima caldo, mantenga la sua reputazione di allevare cultivar di mele e pere di alta qualità che vendono a prezzi premium nei mercati di esportazione.

MODELLI PREDITTIVI (<https://www.plantandfood.com/en-nz/article/climate-change-impacts-on-apple>)

Il cambiamento climatico impatterà in futuro le zone di crescita delle coltivazioni. In Nuova Zelanda, tramite l'impiego di modelli predittivi (Fig. 24), basati su diversi scenari di cambiamento

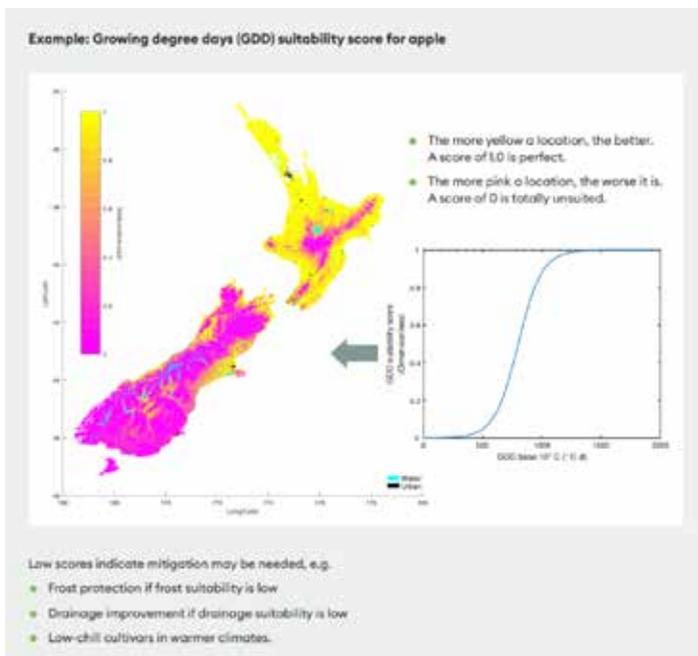


Fig. 24 - Mappa delle aree vocate per la coltivazione delle mele in Nuova Zelanda.

climatico, si sono ottenute mappe di visualizzazione delle aree che diventeranno problematiche in futuro per la coltivazione delle mele e di quelle che saranno invece maggiormente vocate. Questi modelli, su ampia scala, diventeranno sempre più diffusi, poiché sono di grande aiuto per prevedere, in un prossimo futuro, la distribuzione potenziale delle aree pertinenti per determinate coltivazioni e promuovere eventuali politiche correttive, nel rispetto delle tempistiche necessarie.

4.3.2 Contesto locale

Principalmente, le aree destinate alla melicoltura in Valtellina sono i conoidi di Tartano, Postalesio, Ponte in Valtellina, Bianzone e le zone alluvionali di Tirano e Lovero.

L'irrigazione del conoide di Ponte avviene tramite il prelievamento diretto delle acque del torrente Valfontana (Fig. 25, Fig. 26), che ne copre bene i fabbisogni tardo-primaverili ed estivi, mentre la carenza di acqua, che si verifica durante il periodo di inizio primavera, non consente di applicare la tecnica della geliva-



Fig. 25 - Irrigazione dei meleti presso il conoide di Ponte in Valtellina.



Fig. 26 - Particolare dell'irrigazione dei meleti a Ponte in Valtellina.



Fig. 27 - Principio della galaverna applicato ai meleti in pre-fioritura per proteggerli dalle gelate tardive ad inizio primavera.

zione, che protegge i fiori dalle gelate tardive (Fig. 27). Questo approccio viene invece applicato sul conoide di Bianzone, ove si è sviluppato, e nella adiacente piana di Villa di Tirano, poiché il bacino di accumulo di Somassassa permette una buona disponibilità idrica anche in questo periodo.

SPERIMENTAZIONI DI PORTAINNESTI PER IL MELO E IL CILIEGIO

Similmente alla vite, da alcuni anni, la Fondazione Fojanini sta sperimentando diversi portinnesti per il melo e il ciliegio, con caratteristiche nuove rispetto ai portinnesti usualmente utilizzati (M9 per il melo e Gisela per il ciliegio). I campi prova sono situati in diverse zone frutticole della Valtellina, da Talamona a Ponte in Valtellina. Per il melo vengono attualmente osservati una decina di portinnesti a confronto con M9 mentre, per il ciliegio, il campo prova di Berbenno, vede in osservazione 14 portinnesti a confronto con Gisela.

Si tratta di materiale innovativo che dovrebbe rispondere a esigenze agronomiche e fitopatologiche delle due specie frutticole, migliorandone da una parte la resistenza al reimpianto, alla stanchezza del terreno e alla siccità e dall'altra al colpo di fuoco, all'afide lanigero e ad altri parassiti e fisiopatie. Inoltre, i nuovi portinnesti, sono necessari per la crescita equilibrata delle piante, per la gestione della vigoria e l'entrata in produzione, al fine di ottenere un prodotto finale di elevata qualità.

LA MELA "ROSATA"

La mela "Rosata" (nome provvisorio non ancora registrato) è una varietà recente ottenuta dai *breeder* italiani del Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agroalimentari di Bologna, con tradizionali programmi di incrocio (Primiera x Pink Lady®). L'obiettivo che si vuole perseguire è quello di farla diventare una mela esclusiva Valtellinese, senza però aderire alle logiche delle mele "club"; attualmente sono in coltivazione 3'000 piante, ma la prospettiva

per il 2023 è di raggiungere le 13'000 unità. La pianta fiorisce verso metà aprile, mentre i frutti si raccolgono a fine ottobre. Nelle valutazioni di campo, questa selezione è risultata resistente a ticchiolatura, a livello molecolare è una selezione portatrice del gene Vf, resistente alle razze comuni di ticchiolatura, appena sensibile all'oidio e portatrice del gene di resistenza a *Dysaphis plantaginea* (afide grigio del melo). Il frutto è di calibro medio, colorazione uniforme rosa intenso brillante, rugginosità quasi assente (Fig. 28). La tessitura della polpa è media, croccante, molto consistente, succosa, di sapore buono ed equilibrato, tendenzialmente acidulo. La mela, a differenza di Pink Lady®, risulta avere, già alla raccolta, ottime caratteristiche organolettiche e polpa meno dura di colore bianco. Il frutto è abbastanza resistente anche alle manipolazioni. Tuttavia, essendo una cultivar a maturazione tardiva, deve rimanere di più in campo e questo la porta a dover sopportare autunni che spesso si presentano caldi e siccitosi.



Fig. 28 - Mela "Rosata".



5

**LA PERCEZIONE
DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI
DA PARTE DI ALCUNE AZIENDE
AGRICOLE LOCALI**

In questo capitolo riportiamo alcune interviste, effettuate presso aziende agricole della provincia di Sondrio, volte a raccogliere esperienze legate al problema del riscaldamento climatico. L'obiettivo è quello di accertare l'impatto di questo processo sulle produzioni degli ultimi anni, con particolare riferimento al 2022, che è stato decisamente anomalo per la prolungata siccità estiva, accentuata dagli scarsi quantitativi di neve e pioggia caduti rispettivamente in inverno e primavera.

5.1 Settore cerealicolo-zootecnico

Sono state intervistate due aziende agricole in data 15.9.2022 e in data 11.10.2022; una prima azienda possiede prati di fondovalle e pascoli alpini sulle Orobie, la seconda prati e pascoli in Alta Valtellina.

AZIENDA DEL FONDOVALLE VALTELLINESE, CON MALGHE SULLE OROBIE

I prati hanno subito il periodo siccitoso che ha caratterizzato quest'anno, riducendo di 2/3 i quantitativi di solito prodotti. Il livello idrico dei prati è regolato dall'altezza dell'Adda che a sua volta ne influenza il livello della falda. Anche l'Adda Vecchia è considerata una risorsa preziosa che contribuisce a rimpinguare la falda alluvionale. Problematico, per i prati, è il percorso seguito in tempi passati dal fiume Adda, che è stato bonificato fino a permettere la crescita dei prati. Lungo questo percorso, infatti, la presenza di suoli sabbioso-ghiaiosi accelera la percolazione dell'acqua in profondità, restituendo suoli molto drenati e asciutti che, nei periodi siccitosi, sono soggetti a stress idrici.

Il mais, che necessita di elevati apporti idrici, ha sofferto la siccità, al punto che su in alcuni appezzamenti il raccolto è stato nullo. Anche in alpeggio la situazione anomala di quest'anno è stata problematica, poiché i cotici erbosi sono maturati molto in fretta, con bassa produzione di fitomassa, fino alle alte quote,

obbligando i pastori a una “corsa” in altitudine per seguirne la maturazione.

Inoltre, si è dovuto demonticare il bestiame lattifero in anticipo, soprattutto per la carenza di acqua. Le vacche in asciutta e il bestiame giovane sono invece stati lasciati in alpeggio il più possibile per sfruttare il ricaccio dell'erba di pascoli e prati-pascoli, per attendere che in pianura i prati, sfalciati obbligatoriamente in ritardo, tornassero sufficientemente produttivi.

Si rileva come una delle maggiori problematiche della stagione di alpeggio sia stata la carenza idrica, che si potrebbe alleviare con la messa a dimora di cisterne di raccolta; queste verrebbero ricaricate di acqua durante periodi di abbondanza, che sarà poi messa a disposizione durante i periodi più siccitosi. Per i pascoli di quota, una ulteriore soluzione potrebbe essere la realizzazione di pozze di abbeverata.

AZIENDA DELL'ALTA VALTELLINA CON MALGHE IN VALLE DEI FORNI

L'azienda possiede prati da fieno di fondovalle, a circa 1200 m e malghe che raggiungono i 2600 m. Ha anche un appezzamento coltivato a mais che viene trinciato per l'alimentazione animale. La percezione dell'azienda è che il cambiamento climatico, anziché apportare svantaggi, abbia offerto i seguenti vantaggi:

- miglioramento produttivo dei pascoli in quota (curvuleti);
- riduzione drastica della frequenza delle neviccate estive abbondanti, che obbligavano a scendere di quota con la mandria;
- miglioramento della produzione del mais, le cui piante, godendo di maggiori somme termiche, hanno dato un trinciato più energetico per un maggior contenuto di cariossidi a maturazione;
- prati a crescita anticipata e più produttivi.

Per quanto concerne i pascoli d'alpeggio, nel 2022, almeno localmente, non hanno sofferto di siccità o di estremo caldo, poiché quasi ogni settimana si verificava un temporale. L'acqua

era presente e i pascoli in buono stato. Di contro, i prati di valle, già di per sé ricchi di *Heracleum sphondylium*, sono peggiorati a causa dell'aumento di questa specie non appetita dal bestiame.

5.2 Comparto viticolo

A partire dal 1980 e fino al 2000, si è assistito a un miglioramento delle condizioni climatiche, divenute più favorevoli per la coltura della vite. Il grado di acidità del vino prodotto è diminuito ed è aumentato il contenuto zuccherino, fattori positivi, che hanno contribuito alla produzione di vini che, pur mantenendo la tipica acidità che caratterizza il nebbiolo, hanno acquisito un gusto più piacevole e una maggiore gradazione alcolica.

A partire dal 2000, tuttavia, la maturazione sempre più precoce dell'uva ha spinto a vendemmie anticipate, per evitare di raggiungere un tenore alcolico troppo elevato e mantenere un contenuto adeguato di polifenoli, sostanze aromatiche che influiscono sul colore e la percezione gustativa del vino.

Gli inverni più caldi favoriscono la sopravvivenza di alcuni insetti patogeni (es. nottue) e una germinazione precoce, anticipata, con il rischio di gelate tardive e di neviccate sui germogli.

Il 2022 è stato un anno molto anomalo, in cui i fenomeni di caldo e siccità si sono portati a livelli estremi, al punto che su circa la metà dei vigneti di nuovo impianto si è dovuti intervenire con l'irrigazione. L'acqua proviene da fonti naturali, quali ruscelli o torrenti, dai quali si fa un prelievo diretto. Nonostante la vite sia abituata a tollerare, in quanto specie mediterranea, condizioni di siccità estiva, in generale si è notata una sofferenza da stress idrico e termico nei periodi più critici, evidente già dal primo mattino. La zona della Sassella è quella che ha mostrato i maggiori problemi di siccità, a causa dei suoli sottili e molti rocciosi, che hanno contribuito a scaldare ulteriormente l'aria per convezione.

Chiaramente, quando si verifica uno stress idrico e termico, la

pianta destina le risorse primarie alla propria sopravvivenza, sacrificando la produzione dei frutti, che nel caso specifico hanno sviluppato in media acini più piccoli. La vendemmia è stata anticipata di un paio di settimane rispetto alla norma, per evitare un'eccessiva maturazione. Quest'ultima non è stata graduale, come di norma, subendo accelerazioni e rallentamenti; il contenuto zuccherino è aumentato rapidamente, ma l'uva non è maturata in modo completo a scapito del contenuto di polifenoli. Lo stress idrico e termico ha ridotto il numero di interventi di potatura verde in vigna, con una sola cimatura anziché due come di norma; a seguito della prima cimatura, infatti, la vite non ha più prodotto altri tralci.

I vigneti coltivati a girapoggio (Fig. 29 in alto) sembrano avere sofferto meno rispetto al rittochino; proprio per la disposizione orizzontale rispetto alla pendenza, l'impianto a girapoggio frena di più lo scorrimento dell'acqua piovana, migliorandone l'assorbimento del suolo. In più, la gestione oculata del fogliame sul lato sud consente di riparare maggiormente il grappolo, evitando così le bruciature da stress da calore.

L'ondata di calore ha inoltre influito positivamente sul numero di trattamenti, che è risultato ridotto a 6-7 rispetto ai 10 di media. Il futuro della viticoltura spinge verso l'uso di portainnesti della "serie M", che andrebbero testati anche in zone rappresentative valtelinesi. Nati da una ricerca dell'Università di Milano partita 30 anni fa, oggi i portainnesti "serie M" sono al banco di prova agronomico ed enologico. I primi risultati confermano la loro capacità di adattamento al cambiamento climatico (maggiore tolleranza dei "serie M", in particolare M2 e M4, a stress idrici, salinità e clorosi ferrica) e di produzione di vini equilibrati, freschi e piacevoli per il consumatore moderno. L'apparato radicale è in grado di spingersi più in profondità, grazie al miglior angolo geotopico delle radici (Fig. 29 in basso).

Inoltre, bisognerebbe investire sull'irrigazione di soccorso, che sembra essere sempre più indispensabile, per ottemperare alle

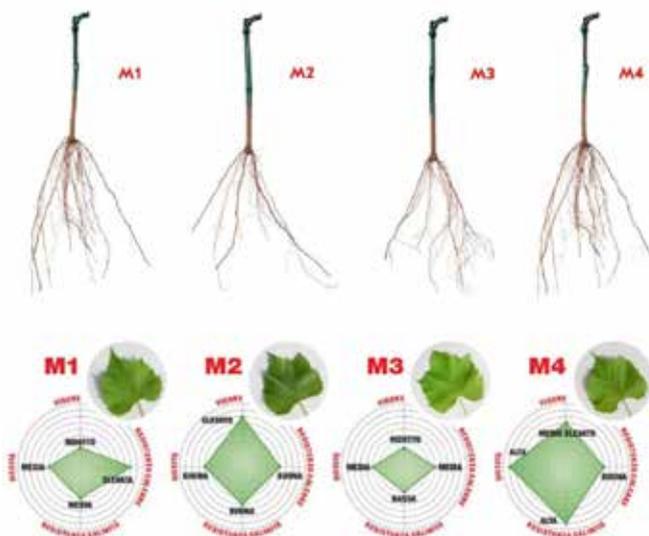


Fig. 29 - In alto, vigneti a girapoggio in località Fiorenza; in basso, apparato radicale dei portainnesti M e resistenze ai fattori ambientali (fonte: <https://vigneviniequalita.edagricole.it/>).



annate di siccità estrema; oltre ad uno studio finalizzato all'individuazione dei punti di captazione dell'acqua e alla individuazione delle superfici maggiormente critiche, servirebbe investire anche sulle modalità di irrigazione a goccia per stabilire con esattezza i parametri irrigui necessari. Andando in una direzione di *smart agriculture*, sensori idrici appositamente posizionati nel terreno potrebbero, inoltre, regolare l'irrigazione accessoria in funzione delle esigenze idriche della vite.

5.3 Comparto frutticolo (mele)

In data 4.10.2022 e 23.11.2022 si è fatto un sopralluogo presso un'azienda agricola di Ponte in Valtellina e una cooperativa, specializzate nella melicoltura.

Negli ultimi decenni si è assistito ad estati più lunghe e primavere più brevi con un avvento repentino della stagione estiva; in ottobre, fino ad oltre la metà del mese, si assiste ancora a picchi di calore importanti. La produzione di mele è orientata esclusivamente verso scelte di mercato; non si è quindi data importanza all'incremento delle temperature e ai periodi siccitosi, che sono stati tamponati con i sistemi di irrigazione. L'irrigazione consortile avviene una volta alla settimana, nella quantità di 25-30 mm, prevalentemente con il sistema soprachioma, in pochissimi casi a goccia o spruzzo. Il sistema soprachioma prevede un'irrigazione a raggio, che non di rado va a bagnare anche aree non di pertinenza dei meleti (es. strade). Il sistema a spruzzo è più efficace, ma similmente all'aspersione, lo spruzzo bagna anche il fogliame, favorendo lo sviluppo dei patogeni, che vanno poi contrastati con gli agrofarmaci; inoltre, lo spruzzo necessita di una pressione idrica nei tubi, che viene meno allontanandosi dal punto di generazione dell'acqua. Il sistema più efficiente è quello a goccia, che evita gli sprechi idrici, non ha particolari problemi di pressione e non incrementa l'umidità dell'apparato fogliare. Le aziende frutticole hanno messo a dimora sonde a

20 e 40 cm di profondità per monitorare l'umidità del terreno, e valutare lo stato idrico del suolo. In generale, questi sensori sono disposti in un solo frutteto rappresentativo per azienda; tuttavia, i frutticoltori si avvalgono della rete meteorologica messa a disposizione dalla Fondazione Fojanini per valutare per interpolazione anche lo stato idrico degli altri frutteti. La stessa Fondazione pubblica settimanalmente comunicati tecnici di irrigazione relativi al monitoraggio del potenziale idrico, rilevato con il sistema watermark, effettuato sul territorio fin dal 1994. Durante la stagione estiva 2022, la condizione di estrema siccità ha provocato una scarsità nella disponibilità idrica dal 20.7 al 31.8, portando a sofferenze delle piante in alcuni settori. Le mele della varietà "Red Delicious " soffrono di più il caldo. Le temperature eccessive e la forte irradiazione bloccano la crescita dei frutti e peggiorano la produzione delle piante in termini quantitativi e qualitativi. La Gala ha avuto nel 2022 una cascola di circa il 20% a livello alpino, innescata proprio da ondate di calore e siccità e un calibro leggermente più piccolo rispetto alla media. Si denota una bassa diversificazione delle cultivar, con un numero ridotto di varietà dominanti molto coltivate ed altre, anche con ottimi potenziali, poco diffuse; tra queste ultime, la mela Rockit, un frutto medio-tardivo, di piccole dimensioni (5,5-6 cm di diametro), di pregiato sapore e caratteristiche organolettiche, nel 2022 ha avuto un'ottima stagione in termini qualitativi e quantitativi, mostrando interessanti caratteristiche di resistenza a condizioni climatiche sfavorevoli. Le reti antigrandine mitigano la sofferenza da irraggiamento, per le Golden Delicious meglio la rete bianca, per la Red Delicious meglio la rete nera. La siccità 2022, come per la vite, ha comportato un minor numero di trattamenti, dovuto alla minor presenza di patogeni. La *Cydia molesta* sembra essere aumentata, favorita dal caldo, così come la cimice asiatica, della quale andrebbe meglio capito lo sviluppo ontogenetico e le relazioni con certe tipologie di uso del suolo. Tuttavia, le altre fluttuazioni di patogeni, che si sono osservate

negli ultimi anni, sembrano più correlate all'utilizzo di prodotti più selettivi; questo si traduce in una lotta più efficace verso alcuni patogeni, ma lascia più spazio allo sviluppo di specie secondarie che diventano primarie perché non contrastate dai trattamenti fitosanitari, come nel caso dell'*Alternaria*.



Fig. 30 - In alto, mela Golden Delicious con la tipica faccetta rossa che si sviluppa in tarda stagione sulle mele colpite dai raggi solari; a in basso, invece, la mela Red Delicious.

Nonostante l'annata particolare dal punto di vista meteorologico, la sovraccolorazione tipica della Golden Delicious denominata faccetta - (Fig. 30) si è verificata comunque anche se non in modo uniforme nelle diverse zone frutticole.

La sovraccolorazione si verifica quando le temperature notturne scendono sotto i 10 gradi, nel periodo pre-raccolta. Tuttavia, a causa di stacchi anticipati di alcune aziende frutticole, la Golden Delicious non ha raggiunto i parametri di sovraccolorazione tanto amati dai commercianti e dai consumatori.

Le scelte di mercato hanno decisamente ancora il predominio sull'orientamento colturale. Tuttavia, risulta sempre più marcata, da parte dei frutticoltori, la richiesta di avere una disponibilità idrica che possa ottemperare ai periodi siccitosi. Sicuramente, disporre di bacini di accumulo di adeguate dimensioni (es. Somasassa) permette di stoccare l'acqua nei periodi più piovosi e di rilasciarla, in modo più oculato, nei mesi di siccità. Inoltre, proprio la stagione così siccitosa del 2022 ha portato alcuni frutticoltori a riflettere sulla necessità di migliorare l'efficienza dell'utilizzo dell'acqua, promuovendo gli impianti di irrigazione a goccia, piuttosto che l'irrigazione del soprachioma e a spruzzo. In questo settore, l'agricoltura di precisione si sta sempre più diffondendo come App di smartphone, poiché consente di monitorare lo stato fisiologico dei meleli in combinazione con i principali parametri ambientali (temperatura, umidità, stato idrico dei suoli, etc.); in base alla lettura di semplici indicatori, il frutticoltore può capire istantaneamente se in un certo meleto vi sia una carenza o un eccesso di acqua o di disponibilità di nutrienti e calcolare il loro andamento sulla base di modelli predittivi; possono anche pre-allertare, con un certo anticipo, del potenziale sviluppo di organismi patogeni, in base al monitoraggio della combinazione di determinati indicatori. Inoltre, l'utilizzo di queste tecnologie permette di calibrare meglio gli input idrici, di nutrienti e di antiparassitari, nella direzione di una loro ottimizzazione di utilizzo, riducendo così gli sprechi.

6

SINTESI DEI RISULTATI

Il cambiamento climatico si manifesta soprattutto con un aumento delle temperature dell'aria e del suolo e una variazione del regime pluviometrico, che si esplicano come segue:

- ondate di calore;
- giorni di calore prolungato;
- siccità;
- eventi piovosi intensi e repentini.

L'eccesso di calore provoca una maggiore evapotraspirazione a livello del suolo e degli organismi viventi, che dovrebbe essere compensata da maggiori input di precipitazioni; queste ultime, non stanno aumentando significativamente, ma sono più intense e concentrate, aumentando il ruscellamento superficiale, che ostacola la reintegrazione delle falde acquifere.

Nei capitoli successivi vengono sintetizzati gli effetti dei cambiamenti climatici sulle colture analizzate e vengono indicate le mitigazioni attuabili in tempi brevi per contenere almeno in parte il fenomeno, alcune delle quali sono già state attuate dalle aziende agricole.

6.1 Prati e pascoli

6.1.1 Sintesi degli effetti

I fattori climatici, chiaramente, influenzano la composizione floristica di prati e pascoli. Ogni ecosistema è, infatti, il frutto delle interazioni tra le specie che lo costituiscono e i fattori ambientali ed è dotato di una certa capacità di resilienza ai cambiamenti. Tuttavia, quando questi sono prolungati oppure troppo intensi per alcune specie, allora si innescano delle variazioni floristiche quali-quantitative, sia con l'incremento/decremento di copertura di determinate specie, sia con l'arrivo di nuove specie, avvantaggiate dalle nuove condizioni climatiche. Non dobbiamo dimenticare che prati e pascoli, in quanto sistemi semi-naturali, sono soggetti a pratiche gestionali che complicano il quadro

delle risposte. Inoltre, l'orografia della provincia di Sondrio rappresenta un fattore limitante in certi settori. Da osservazioni personali, abbiamo notato che le Alpi Orobie nel 2022 hanno sofferto di più delle Alpi Retiche; pur avendo condiviso il periodo siccitoso estivo, e sebbene sulle Orobie le precipitazioni siano in media più elevate, i pascoli delle Alpi Retiche, raggiungendo altitudini maggiori, hanno subito meno le conseguenze della stagione siccitosa e, soprattutto in altitudine, si sono mantenuti in uno stato pabulare migliore.

In conclusione, le variazioni in corso in provincia di Sondrio, indotte dal riscaldamento climatico, possono essere così riassunte:

PRATI:

- incremento delle specie termofile e meso-termofile, che tollerano i periodi di aridità prolungata, nonché delle specie stress tolleranti; tali variazioni floristiche si ripercuotono sull'ecologia delle fitocenosi stesse; le fitocenosi mesofile o



Fig. 31 - Prati da fieno in località Triangia.

meso-igrofile tenderanno a convertirsi in fitocenosi termofile o meso-termofile;

- riduzione della fitomassa prodotta alle quote inferiori;
- aumento della fitomassa prodotta alle quote superiori;
- per quanto riguarda il valore foraggero, il quadro non è chiaro poiché dipende molto dalle specie termofile o termo-tolleranti che sostituiranno gradualmente le specie mesofile o meso-tolleranti; tuttavia, ci attendiamo una riduzione del valore foraggero, visto che verranno favorite le specie con bassa traspirazione, generalmente dotate di foglie più sottili, rigide e pelose.

PASCOLI:

- riduzione della produttività dei pascoli subalpini acidofili;
- incremento di copertura delle specie oligotrofe e termofile (fascia subalpina);
- perdita di biodiversità (nardeti fascia subalpina);
- aumento della produttività dei pascoli alpini (fascia alpina).



Fig. 32 - Pascoli sofferenti per l'estrema siccità a settembre, in località Campagneda.

PRODOTTI CASEARI

- possibili difficoltà nel mantenere la qualità dei prodotti caseari d'alpeggio, a causa del potenziale peggioramento qualitativo dei pascoli;
- difficoltà nella lavorazione del latte e nella conservazione del prodotto durante i primi giorni; se la casera è troppo calda si possono avere, infatti, fenomeni di acidificazione e di cattiva stagionatura.

6.1.2 Mitigazioni

Per quanto riguarda le colture erbacee, al momento e localmente, non sono state prese in considerazione misure attive di mitigazione da parte delle aziende agricole.

L'estremo caldo della stagione appena trascorsa ha comunque iniziato a destare non poche preoccupazioni; la risposta da parte degli alpeggiatori è stata "passiva", mettendo in campo misure di adeguamento al problema, che non possono tuttavia considerarsi soluzioni a lungo termine. In certi settori, il bestiame è stato demonticato in anticipo, soprattutto le lattifere, a causa della mancanza di acqua. Inoltre, le basse produzioni di fieno hanno imposto un acquisto supplementare di fieno e mangimi che, visti i rincari a causa della guerra in Ucraina, è stato sostituito da un adeguamento in riduzione del numero dei capi.

Mitigazioni che si potrebbero attuare sul breve termine possono riguardare:

- in alpeggio, per chi non lo facesse già, recuperare i pascoli alberati o il pascolamento nel bosco nella pianificazione del periodo di monticazione del bestiame;
- organizzare l'alpeggio nell'ottica di usufruire anche dei settori più in altitudine (fascia alpina) diventati più produttivi;
- stoccare l'acqua in alpeggio, tramite cisterne (previa verifica ASL) o realizzando pozze di abbeverata;

- ridurre i carichi animali per adeguarli alle produzioni foraggere locali;
- favorire l'ombreggiamento dei prati attraverso la piantumazione di alberi a chioma rada (es. pioppi in pianura);
- promuovere, per i prati, l'uso del letame quale agente di concimazione, nonostante la difficoltà di reperimento, visto che le strutture aziendali sono orientate principalmente verso la produzione di liquame;
- infine, più in tempi medi, per le praterie di fondovalle, coinvolgere gli stakeholder al fine di regolamentare lo scorrimento dei canali irrigui con chiuse in modo che l'acqua resti sul posto quando e dove serve.

6.2 Viticoltura

6.2.1 Sintesi degli effetti

Nell'ambito della viticoltura, i cambiamenti climatici hanno iniziato a fare sentire i propri effetti da circa un ventennio e, in particolare, risultano significativi durante le annate anomale, quale quella appena trascorsa del 2022:

- il clima più mite in inverno stimola una germinazione precoce, anticipata, con il rischio di gelate tardive e di neviccate sui germogli;
- la maturazione dell'uva inizia anticipatamente e si conclude in tempi più ridotti; rispetto al passato offre al vino proprietà organolettiche in parte nuove e un maggior grado alcolico, pur mantenendo un adeguato livello di acidità;
- il calore prolungato del 2022 ha provocato, nei settori ove la vite ha più sofferto, un blocco della crescita vegetativa con diminuzione della produzione;
- le zone a suoli sottili, rocciosi e con poca disponibilità idrica per l'irrigazione supplementare (es. sottozona Sassella) sono quelle che maggiormente soffrono i periodi di siccità, manifestando fenomeni di avvizzimento fino alla moria di individui di viti;

- la stagione estremamente calda e siccitosa del 2022 ha limitato la proliferazione di patogeni tardo primaverili-estivi (legati a fasi climatiche caldo-umide), riducendo di 1/3 il numero dei trattamenti abituali;
- il riscaldamento degli ultimi anni e in particolare il clima mite in inverno favoriscono tuttavia la propagazione di certi altri patogeni (es. nottua).

6.2.2 Mitigazioni

Anche in questo settore non sono state adottate misure attive, ma alcune passive, volte a contenere gli effetti negativi di annate anomale sulle performance produttive della vite. Nel 2022, laddove possibile si è ricorso all'irrigazione, si è ridotta la potatura verde, come conseguenza anche di una minore produzione vegetativa della vite e si è aumentato il diradamento dei grappoli; a livello del suolo non sono state attuate particolari tecniche di mitigazione, che tuttavia hanno un ruolo importante nel ridurre le temperature troppo elevate del suolo nei periodi più caldi.

Mitigazioni che si potrebbero attuare sul breve termine possono riguardare:

- adottare tecniche di difesa fitosanitaria che prevedano l'utilizzo di polvere di roccia (caolino, zeolite ecc.), distribuiti durante la stagione sulla fascia dei grappoli. Queste polveri hanno la capacità di creare una patina chiara che protegge il grappolo dalle radiazioni solari riducendo i fenomeni di scottatura; inoltre non sono inquinanti (non si tratta di fitofarmaci) e possono aiutare i processi di precipitazione delle fasi solide durante la vinificazione;
- predisporre sistemi di irrigazione di soccorso almeno per le barbatelle;
- eseguire una potatura del verde che protegga i grappoli dall'esposizione alle forti radiazioni solari, gestendo la chioma in relazione all'orientamento dei filari;
- aumentare la capacità di assorbimento delle radici, utilizzando

opportuni preparati a base di micorrize (es. tricotoderma e altri funghi antagonisti dei marciumi radicali);

- evitare diserbici eccessivi che lasciano il terreno scoperto, più soggetto a temperature elevate;
- adottare inerbimenti controllati, a lenta crescita, poco competitivi a livello radicale e che hanno una fase di stasi in estate (es. festuche);
- adottare sensoristica a livello del suolo, in grado di evidenziare per tempo i momenti di stress idrico.

6.3 Frutticoltura

6.3.1 Sintesi degli effetti

La melicoltura è fortemente dipendente dall'irrigazione a partire dalla fase di fioritura fino a quella della raccolta dei frutti. Fortunatamente, la disponibilità idrica non è venuta meno in questi anni, a eccezione della stagione 2022, ove nel mese di luglio la quantità disponibile in certe zone, non coperte da bacini di accumulo, è stata ridotta, ma è tuttavia risultata sufficiente per garantire la buona qualità del prodotto.

Questi di seguito riportati sono gli effetti manifesti:

- anticipo delle fasi fenologiche, con rischio di gelate degli organi fiorali laddove non si può applicare il principio della galaverna (irrigazione antibrina);
- accelerazione dei processi di maturazione, che induce a una raccolta anticipata, con la difficoltà di sviluppare la sovraccolorazione nella mela Golden Delicious che si sviluppa tardivamente e che valorizza economicamente il prodotto;
- le variazioni previste a livello dei frutti da un riscaldamento climatico (colorazione, compattezza, serbevolezza, vitrescenza, rugginosità) non sembrano essersi ancora manifestate localmente;
- inoltre, l'andamento demografico di certi patogeni sembra essere più dovuto all'uso di fitofarmaci sempre più selettivi, che

al riscaldamento del clima, che tuttavia si esplica con l'arrivo e la permanenza di nuove specie aliene.

6.3.2 Mitigazioni

La percezione del fenomeno è ancora da considerarsi soltanto emergente, quindi si sono intraprese esclusivamente azioni localizzate; sta diffondendosi, tuttavia, una sempre maggiore preoccupazione sulla disponibilità idrica, soprattutto per quelle realtà non coperte da irrigazione proveniente dal bacino di Somasassa. Ci si sta quindi orientando verso un utilizzo più razionale della risorsa idrica, a partire dalla richiesta di bacini di stoccaggio, al passaggio da una irrigazione a soprachiuma a quella a goccia, sulla quale sarebbero da convertire le ricerche al fine di ottenere una sempre maggiore efficienza.

Mitigazioni che si potrebbero attuare sul breve termine possono riguardare:



Fig. 33 - Teli antigrandine sul conoide di Ponte in Valtellina.

- convertire il sistema di irrigazione da soprachioma a quello a goccia, per ridurre lo spreco di acqua e ridurre la proliferazione di organismi patogeni favoriti dall'irrigazione diffusa su foglie e fusto;
- usare i teli antigrandine (Fig. 33) per mitigare l'effetto della forte insolazione;
- adottare teli antigrandine e antinsetto al fine di proteggere dalla grandine e dalle infestazioni di insetti parassiti;
- adottare sensoristica a livello del suolo, in grado di evidenziare per tempo i momenti di stress idrico.

6.4 Bacini idrici di stoccaggio delle acque

Una soluzione di compensazione trasversale a tutti i settori, per contrastare le precipitazioni scarse e/o irregolari, è quella di costruire dei bacini di raccolta idrica, da utilizzare regolarmente oppure, per certe colture, esclusivamente nei periodi di maggior necessità. La realizzazione di bacini andrebbe promossa nelle zone più soggette a periodi siccitosi, aggravate dalla presenza di suoli sottili quali quelli nella zona della Sassella. Il bacino di Somasassa rappresenta un esempio funzionale di bacino di stoccaggio, in grado di coprire i fabbisogni idrici dei meleti, dei prati e di altre colture agrarie nel piano tra Tresenda e Tirano. Potrebbe essere, tuttavia, molto più strategico favorire la realizzazione di bacini di minori dimensioni, con criteri naturalistici, in modo da limitare l'impatto ambientale di queste opere e al contempo a contribuire alla promozione della biodiversità.



7

ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO E RICERCA

L'attività di monitoraggio deve prevedere l'individuazione di indicatori misurabili periodicamente negli anni, che permettano di evidenziare i trend dovuti al cambiamento climatico.

A partire da un'analisi dello "stato zero", l'attività di monitoraggio consente quindi di verificare quantitativamente i trend degli indicatori prescelti, adottando sempre la medesima metodologia di raccolta dati (Fig. 34).

Indicatore 1



Fig. 34 - Fasi di monitoraggio di un indicatore.

La scelta delle aziende sulle quali impostare l'attività di monitoraggio è fondamentale per il raggiungimento degli obiettivi e in particolare deve soddisfare i seguenti requisiti, in caso di realizzazione dello studio:

- affidabilità dell'azienda per il rispetto delle procedure assegnate;
- l'unione delle aziende deve offrire un quadro rappresentativo della realtà indagata a livello provinciale.

7.1 Prati e pascoli

7.1.1 Monitoraggio

Il monitoraggio degli effetti del cambiamento climatico sulle colture foraggere deve prevedere la raccolta di dati su superfici fisse (plot permanenti) da monitorare negli anni.

Indicatori

- indici ecologici di Landolt;
- indici di biodiversità;
- valore foraggero,

- misuratori di temperatura/umidità (datalogger);
- produzione annua di biomassa.

Metodi

- rilevamenti fitosociologici/fitopastorali in aree permanenti;
- prelievi di fitomassa;
- n. di repliche (plot permanenti):
 - fondovalle -> 25
 - Alpi Orobie -> 40 (20 prati, 20 pascoli)
 - Alpi Retiche (da Colico a Tirano) -> 40 (20 prati, 20 pascoli)
 - Alpi Retiche (Alta Valtellina) -> 40 (20 prati, 20 pascoli)
 - Alpi Retiche e Lepontine (Val Chiavenna) -> 40 (20 prati, 20 pascoli)
- richiesta di conferimento di dati da parte delle aziende agricole;
- raccolta diretta, almeno per un certo numero di plot, di informazioni gestionali.

Frequenza

- rilievi -> triennali sul dataset completo, annuali su un dataset ridotto
- dati aziendali -> annuali

7.1.2 Sperimentazione e ricerca

Sperimentazioni per i prati da fieno possono riguardare:

- la trasemina di specie arido-tolleranti;
- la piantumazione di siepi e filari per ombreggiamento e diminuzione dell'effetto essiccante del vento.

Sperimentazioni per i pascoli possono riguardare:

- realizzazione di cisterne di acqua (interrate) da riempire nei momenti di disponibilità e da utilizzare per l'irrigazione durante i periodi più siccitosi.

7.2 Viticoltura

7.2.1 Monitoraggio

Il monitoraggio degli effetti dei cambiamenti climatici in viticoltura deve prevedere la raccolta dati su un certo numero di filari fissi da monitorare negli anni.

Indicatori

- gradi Brix;
- acidità (pH);
- polifenoli;
- n. interventi in vigna (potature verdi/trattamenti);
- frequenza e densità organismi patogeni;
- produttività di uva;
- frequenza di irrigazione supplementare;
- fasi fenologiche;
- stato di salute.

Metodi

- selezione di un certo numero di vigneti rappresentativi della realtà territoriale:
 - n. 20 vigneti DOCG
 - n. 15 vigneti non DOCG
- analisi di laboratorio;
- richiesta di conferimento di dati da parte delle aziende vinicole;
- misuratori di temperatura/umidità (datalogger);
- sensori NDVI portatili.

Frequenza

- Rilievi -> annuali
- Dati aziendali -> annuali

7.2.2 Sperimentazione e ricerca

Sperimentazioni per il settore della viticoltura dovrebbero riguardare:

- uso di portainnesti a elevata capacità di assorbimento radicale e meno sensibili ai periodi di stress idrico;
- valutazione di eventuali ammendanti del terreno, consorzi microbici stimolanti, concimi arricchiti con attivatori dell'attività microbica (inoculi micorrizici) ecc., che consentano di aiutare la pianta nell'assorbimento delle sostanze e dell'acqua anche in periodi di stress;
- valutazione di una possibile estensione in altitudine della coltivazione dei vigneti;
- valutazione dell'efficienza di tollerare la siccità/onde di calore tra girapoggio e rittochino;
- messa a punto di tecniche di potatura verde e definizione delle tempistiche in cui attuarle (cimatura tralci, sfogliatura in fascia grappolo);
- messa a punto di tecniche di dirado della produzione (taglio delle punte, eliminazione di parte del carico) e definizione delle tempistiche (es. sperimentazione condotta a partire da quest'anno con l'Università di Milano);
- analisi degli effetti di varie tecniche di gestione del sottofila e dell'interfila (inerbimenti, sovescio, etc.);
- sperimentazione di sensoristica abbinata alle centraline elettroniche già in dotazione alla Fondazione Fojanini, in particolare per quanto concerne l'acquisizione di sensori di disponibilità idrica del terreno (tensiometri ed altri), in modo da valutare per tempo il trend della disponibilità idrica del terreno, e leggere in anticipo, prima di arrivare le situazioni di stress, la tendenza ad arrivare al punto di appassimento permanente del terreno. Questo, eventualmente insieme ad una valutazione di possibili interventi irrigui di soccorso (come raccomandato dal disciplinare di produzione valtellinese), potrebbe consentire di avere una modellistica applicabile alle diverse situazioni, in grado di

soccorrere realmente le viti prima che queste arrivino ad un punto di non ritorno. È tuttavia da evidenziare come sia molto complicato decidere interventi di irrigazione su viti in produzione, e come già detto nelle premesse, il vitigno Chiavennasca nel contesto dei vigneti terrazzati ha dimostrato notevole resilienza e capacità di sopportare anche lunghi periodi con temperature elevate e mancanza di acqua. Il tutto troverebbe invece applicazione più immediata in un contesto di nuovi impianti, che richiedono interventi irrigui frequenti; per questo motivo un discorso di impianti irrigui va sicuramente valutato, ma con una certa attenzione; le suddette valutazioni del tenore idrico del terreno mediante strumenti (sensoristica del terreno), potrebbero essere anche accompagnati dall'uso di una sensoristica innovativa a livello di valutazione dell'emissione nell'infrarosso (tecnologie NDVI), di tipo *proximal sensing* (Fig. 35). Si tratterebbe di strumenti portatili da usare manualmente, più idonei a colture frutticole quali la vite che hanno una notevole variabilità di condizioni di sanità delle piante all'interno del campo; i sistemi satellitari o quelli montati su drone sono più idonei a colture erbacee estensive o frutticole di pianura coetanee;



Fig. 35 - Il sensore ndvi portatile è un dispositivo di misura accessibile e di facile utilizzo che può essere usato per valutare lo stato di salute o il rigoglio del raccolto.

- sperimentazioni genetiche, sia su varietà che su portainnesti, in accordo con i disciplinari nelle zone di denominazione;
- adottare, all'interno dei biotipi di Nebbiolo-Chiavennasca resi disponibili dalla selezione, quelli a grappolo grande che meglio si prestano per le zone aride, es favorire i cloni 12 o 21 rispetto al 34;
- ridefinizione del discorso zonazione, mappatura delle zone critiche, quelle con minore disponibilità di terra ecc. al fine di definire pratiche, tipologie di vini, epoche di vendemmia ecc.;
- valutazione di eventuali interventi agronomici (a livello di potatura, ma anche mediante uso di biostimolanti, ecc.) al fine di ridurre la comparsa di sintomatologia di mal dell'esca, aiutando la pianta a far fronte ai periodi di stress idrico e termico che, come visto nelle premesse, sono quelli che maggiormente predispongono le piante alla manifestazione di tali sintomi;
- sperimentazione di tecniche innovative per il contenimento di danni da nottue.

7.3 Frutticoltura

7.3.1 Monitoraggio

Il monitoraggio degli effetti dei cambiamenti climatici in frutticoltura deve prevedere la raccolta dati su un certo numero di filari fissi da controllare negli anni. In particolare, per quanto riguarda la melicoltura, un set di indicatori riguarderebbe:

- gradi Brix;
- croccantezza;
- succosità;
- sovraccolorazione (Golden Delicious);
- frequenza e densità organismi patogeni;
- produzione;
- misuratori di temperatura/umidità (datalogger).

Metodi

- Selezione di un certo numero di meleti rappresentativi della realtà territoriale:
 - n. 20 meleti Golden Delicious
 - n. 15 meleti Red Delicious
- analisi di laboratorio;
- richiesta di conferimento di dati da parte delle aziende frutticole.

Frequenza

- Rilievi -> annuali
- Dati aziendali -> annuali

7.3.2 Sperimentazione e ricerca

Sperimentazioni per il settore della frutticoltura dovrebbero riguardare:

- uso di portainnesti a elevata capacità di assorbimento radicale;
- uso di inoculi di funghi micorrizici per aumentare la capacità di assorbimento radicale;
- tecniche di dirado vegetativo;
- modalità di irrigazione a goccia;
- adozione di sensoristica (*data logger*) abbinata a strumenti di *smart technology* per rendere più efficiente l'irrigazione;
- uso delle reti antigrandine (test su diverse colorazioni) per contrastare l'incremento dell'irradiazione solare;
- varietà più tolleranti le condizioni di siccità e l'irraggiamento solare;
- valutazione di nuove possibili aree vocate alla coltivazione dei meleti, in particolare a quote maggiori, per ridurre la frequenza delle ondate di gelo.



8 CONCLUSIONI

Il cambiamento climatico è un fenomeno che opera su scala globale, andando a plasmare e modificare gli equilibri degli ecosistemi e degli agroecosistemi. A livello locale, in particolare negli ultimi 20 anni, gli agroecosistemi sono stati interessati da un sempre crescente riscaldamento climatico e regimi pluviometrici irregolari, con manifestazioni evidenti durante le annate estreme, quale quella appena trascorsa del 2022.

Di conseguenza, sta via via emergendo la percezione, a tutti i livelli (politico, agricolo e sociale), di una problematica in atto, che condiziona le produzioni agricole e che non risulta facile da contrastare soltanto attraverso singoli interventi agronomici di mitigazione, quali una maggiore irrigazione, che si rivelano spesso economicamente svantaggiosi o, in certi contesti, addirittura non attuabili.

Il 2022 è stato, indubbiamente, un anno fortemente anomalo che ha gettato le basi per promuovere ragionamenti e approcci che erano già iniziati a livello sperimentale in alcune realtà sia nazionali che internazionali.

È infatti emersa una crescente preoccupazione poiché non in tutti i settori del territorio si è potuto disporre di acqua a sufficienza, al punto che alcuni sistemi colturali sono entrati in sofferenza (prati, pascoli, colture erbacee come il mais, alcuni vigneti e meleti), causando localmente problemi di quantità e di qualità delle produzioni.

Sicuramente a breve-medio termine diverranno fondamentali una gestione parsimoniosa dell'acqua, a livello comprensoriale tramite la creazione di bacini di stoccaggio, e la ricerca di cultivar che ne richiedano poca, nonché la fruizione delle zone climatiche divenute idonee anche poste ad altitudini maggiori. Lo stoccaggio delle acque sembra proporsi ovunque come la soluzione al problema; non vi sono dubbi che in certi contesti sia necessaria, ma la soluzione vera sta nell'intervenire gradualmente sui sistemi colturali per favorire l'accumulo di humus nei terreni e optare per specie e varietà più adatte alle situazioni

di maggiore aridità. Importante sarà anche pianificare degli adeguati protocolli di monitoraggio per misurare l'entità del problema, nonché attuare delle nuove sperimentazioni per trovare le soluzioni tecniche migliori da proporre a tutti gli interessati, in modo particolare agli agricoltori.



BIBLIOGRAFIA

- Alma A., Lessio F., Gonella E., Picciau L., Mandrioli M., Tota F., 2018. New insights in phytoplasma-vector interaction: acquisition and inoculation of flavescence doree phytoplasma by *Scaphoideus titanus* adults in a short window of time. *Annals of Applied Biology*, 173: 55-62.
- Benton, M. J. and Twitchett, R. J., 2003. How to kill (almost) all life: the end-Permian extinction event. *Trends in Ecology and Evolution* 18, 358-365.
- Campoy J.A., Ruiz D., Egea J., 2011. Dormancy in temperate fruit trees in a global warming context: A review. *Scientia Horticulturae* 130 (2): 357-372.
- Capri C., Gatti M., Fiorini A., Ardenti F., Tabaglio V., Poni S., 2023. A comparative study of fifteen cover crop species for orchard soil management: water uptake, root density traits and soil aggregate stability *Nature Scientific Reports* 13: 721.
- Charmillot K., Hedinger C., Babbi M., Widmer S., Dengler J., 2021. Vegetation change in meso-xeric grasslands of the Swiss Jura Mts. over 40 years. *Tuexenia* 41: 441-457.
- Chmielewski F.-M., Blümel K., Páležová I., 2012. Climate change and shifts in dormancy release for deciduous fruit crops in Germany. *Climate Research* 54: 209-219.
- Chmielewski F.-M., Müller A., Bruns E., 2004. Climate changes and trends in phenology of fruit trees and field crops in Germany, 1961-2000. *Agricultural and Forest Meteorology* 121 (1-2): 69-78.
- Cicogna A., Tonello P., 2017. Gelate primavera 2017: analisi climatologica e danni sulle produzioni. *Notiziario ERSA*, 2: 8-13.
- Dibari C., Costafreda-Aumedes S., Argenti G., Bindi M., Carotenuto F., Moriondo M., Padovan G., Pardini A., Staglianò N., Vagnoli C., Brillì L., 2020. Expected changes to alpine pastures in extent and composition under future climate conditions. *Agronomy* 10: 9.
- Dibari C., Pulina A., Argenti G., Aglietti C., Bindi M., Moriondo M., Mula L., Pasqui M., Seddaiu G., Roggero P.P., 2021. Climate change impacts on the Alpine, Continental and Mediterranean grassland systems of Italy: A review. *Italian Journal of Agronomy* 2021 16:1843.
- Dioli P., 1974. Emitteri Eterotteri nuovi o poco noti della Valtellina (Hemiptera, heteroptera). *Mem. Soc. Ent. Ital., Genova*, (53): 30-38.
- Fisher G., Ramirez F., Casierra-Posada F., 2016. Ecophysiological aspects of fruit crops in the era of climate change. A review. *Agronomía Colombiana* 34(2), 190-199.

- Funes I., Aranda X., Biel C., Carbó J., Camps F., Molina A.J., de Herralde F., Grau B., Savé R., 2010. Future climate change impacts on apple flowering date in a Mediterranean subbasin. *Agricultural Water Management* 164(1): 19-27.
- Guédon Y., Legave J.M., 2008. Analyzing the time-course variation of apple and pear tree dates of flowering stages in the global warming context. *Ecological Modelling* 219 (1-2): 189-199.
- Guarnaccia V., Gullino M.L., 2022. I fattori climatici influenzano i patogeni dei frutteti. La sfida è capire come. *Frutticoltura* 2: 22-25.
- Gusmeroli F., Della Marianna G., Timini M., 2008a. Fattori climatici, edafici e gestionali nel degrado delle cotiche erbose in un'area di fondovalle alpino. *Quaderni SOZOOALP* 5: 260-271.
- Gusmeroli F., Della Marianna G., Parolo G., 2008b. I prati della Media Valtellina. Regione Lombardia, *Quaderni della Ricerca*, n. 81.
- Hallam, A. and Wignall, P., 1997. *Mass Extinctions and Their Aftermath*. Oxford University Press, Oxford.
- Haokip S.W., Shankar K., Lalrinngetha J., 2020. Climate change and its impact on fruit crops. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 9(1): 435-438.
- Houston L., Capalbo S., Seavert C., Dalton M., Bryla D., Sagili R., 2018. Specialty fruit production in the Pacific Northwest: adaptation strategies for a changing climate. *Climatic Change* 146: 159-171.
- Marchesini E., Dalla Montà L., 2004. Nel Veneto quattro generazioni di tignoletta della vite. *L'Informatore Agrario* (4): 75-78.
- Maselli F., Chiesi M., 2022. Dei flussi di carbonio in ecosistemi collinari e montani lombardi mediante l'uso di un modello bio-geochimico ed immagini telerilevate. Dati non pubblicati.
- Matta A., 1996. *Fondamenti di patologia vegetale*. Pàtron Editore. 494 pp.
- Modina D., Cola G., Bianchi D., Bolognini M., Mancini S., Foinani I., Cappelletti A., Failla O., Brancadoro L., 2023. Alpine viticulture and Climate Change: environmental resources and limitations for grapevine ripening in Valtellina, Italy. *Plants* 12, 2068.
- Osella G., 1970. Contributo alla conoscenza della fauna delle oasi xerothermiche prealpine, I Rincoti Eterotteri. *Mem. Mus. Civ. St. Nat., Verona*, (17):247-329, fig. 1-10, 1 tabella.
- Palliotti A., Silvestroni O., Leoni F. e Poni S., 2012. Maturazione dell'uva e gestione della chioma in *Vitis vinifera*: processi e tecniche da riconsiderare in funzione del cambiamento del clima e delle nuove esigenze di mercato. *Italus Hortus* 19 (2): 1-15

- Paul V., Pandey R., Singh A., 2011. Vulnerability of trees and fruit crops to climate change. Academia, DOI: 10.13140/RG.2.1.4816.5607.
- Pensa P., Maron F., Morando A., Busato E., A. Arpellino A., Alma A., 2021. Danni da nottue e geometridi su germogli di vite: cosa fare. L'Informatore Agrario, (15): 49-54
- Pozzi M., 2022. Effetti della gestione colturale sulla biodiversità associata in vigneti valtellinese. Tesi di Laurea della Facoltà di Scienze Agrarie e Alimentari. Corso di laurea magistrale in Scienze della Produzione e protezione delle piante. Anno Accademico 2020/2021.
- Posenato G., Mori N., Bressan A., Girolami V., Sancassani G.P., 1997. *Scapho deus titanus*, vettore della flavescenza dorata: conoscerlo per combatterlo. L'Informatore Agrario (15):91-93.
- Ramirez F., Kallarackal J., 2015. Responses of Fruit Trees to Global Climate Change. Springer.
- Roychoudhury N., 2011. Impact of Climate Changes on Insects. CURE. Environment Bulletin (17): 1-3.
- Scherrer D., Bürgi M., Gessler A., Kessler M., Nobis M.P., Wohlgemuth T., 2022. Abundance changes of neophytes and native species indicate a thermophilisation and eutrophication of the Swiss flora during the 20th century. Ecological Indicators 135: 108558.
- Schulze E.D., Valentini R., Bouriaud O., 2021. The role of net ecosystem productivity and of inventories in climate change research: the need for "net ecosystem productivity with harvest", NEPH. Forest Ecosystems 8:15.
- Stainer R., 2011. Il cambiamento climatico e i suoi effetti sulla frutticoltura altoatesina. Frutta e Vite 1: 13-16.
- Technical University of Munich (TUM), 2021. How grasslands respond to climate change: Effects of CO2 increase were already apparent in the past century. Science Daily www.sciencedaily.com/releases/2021/03/210324113359.htm.
- Tremblay E., 1993. *Entomologia Applicata*. Liguori Editore (2):437 pp.
- Vittoz P., Randin C., Dutoit A., Bonnet F., Hegg O., 2009. Low impact of climate change on subalpine grasslands in the Swiss Northern Alps. Global Change Biology.
- Wilson R.J., Davies Z. G., 2 Thomas C.D., 2007. Insects and Climate Change: Processes, Patterns and Implications for Conservation. Insect Conservation Biology. The Royal Entomological Society.
- Xiloyannis C., Mininni A.N., 2018. Cambiamenti climatici: rivedere i criteri della frutticoltura intensiva. Rivista di frutticoltura.

Stampa
Lito Polaris
Poggiridenti (SO)



PSR LOMBARDIA
L'IMMAGINE
METTE RAGIONE
2014-2020



Regione
Lombardia

Programma di Sviluppo Rurale 2014 - 2020

Fondo Europeo Agricolo per lo Sviluppo Rurale: l'Europa investe nelle zone rurali



GAL Valtellina:
Valle dei Sapori 2014-2020 s.c.a.r.l.



Pubblicazione realizzata con il cofinanziamento del FEASR

Responsabile dell'informazione: GAL Valtellina: Valle dei Sapori 2014-2020 s.c.a.r.l.

Autorità di Gestione del Programma: Regione Lombardia