ISIS Paolino d'Aquileia

Cividale del Friuli

Corso Enotecnico

La fertirrigazione in vigneto

Drusin Fabio Classe 6^E

Relatrice: Emanuela Denobili Correlatore: Marco Mastrandrea

Anno scolastico 2022-23

Sommario

Sommario 2
INTRODUZIONE 3
Lo stress idrico 4
Sintomi di carenza per fase fenologica 4
Gestione dell'irrigazione 5
Rilevazione deficit idrico 5
Metodi indiretti 6
Metodi diretti 6
Strumenti 7
Irrigazione per fase fenologica 9
Principi di fertilizzazione 9
Concimazione Orientativa di restituzione di base 11
Valutazione esigenze nutritive 11
Somministrazione 12
Fertirrigazione 12
Esempio di Fertirrigazione su Pinot Grigio con i tempi e la dose per ettaro 13
Risultati 14
L'impianto di fertirrigazione 15
Ali gocciolanti 15
Tubo Venturi 16
Pompa idraulica a pistone Dosatron 17
Pompa elettrica 17
Serbatoi o Dissolver 17
Filtri 18
Filtri a dischi 18
Filtri a rete 18
Parametri da considerare 19
Analisi qualitativa della salinità 19
Qualità acqua 19
pH 19
Ec 20
Principi di applicazione pratica 20
Conclusioni 22
Bibliografia e Sitografia 23

INTRODUZIONE

Utilizzare efficacemente ogni tecnica agronomica che i viticoltori hanno a disposizione è sicuramente un obiettivo da raggiungere per chi vuole praticare una viticoltura di qualità, vocata al rispetto dell'ambiente, sicura e redditizia. Il tema principale del testo verterà sul contributo positivo della fertirrigazione sulla gestione del vigneto. La vite è una specie in grado di adattarsi agevolmente anche agli ambienti aridi[1]. Come è noto da tempo però, il cambiamento climatico mette a rischio le produzioni di qualità in zone dove non era necessario apportare acqua al terreno. L'OSMER ARPA FVG in un articolo che parla del cambiamento climatico legato alla viticoltura, dichiara come il numero di giorni con temperature massime oltre i 30 gradi sia aumentato, come anche la media delle giornate con valori sopra 30 gradi siano aumentate di 1-2 gradi rispetto al passato. La distribuzione delle piogge nell'arco dell'anno è cambiata, e si assiste a un aumento di fenomeni di pioggia intensa[2]. "*Questo significa che vi sarà la necessità di incrementare l'irrigazione o trasferire la viticoltura in zone che per ora non sono interessate da questa pratica agricola, con l'abbandono dei terreni con capacità di ritenuta idrica troppo bassa o che abbiano caratteristiche che non permettano la sostenibilità economica di una intensificazione dell'irrigazione. (...) Inoltre, temperature più elevate potrebbero determinare un cambiamento nelle scelte varietali e nei territori utilizzati per la viticoltura (posti a quote più elevate), oltre che nel ciclo vegetativo stesso della vite (con anticipato risveglio vegetativo e quindi con un maggior rischio di danni a causa di gelate primaverili)*"[3]. Sembra inoltre che in alcune fasi fenologiche della vite, l'irrigazione apporti benefici in termini qualitativi e quantitativi. Naturalmente la combinazione di tempistiche e modalità di azione, garantiscono una corretta strategia per combattere la siccità[4].

La carenza di sostanze nutritive inoltre è indice di crescita irregolare, scarsa resistenza alle malattie, produzioni povere e qualitativamente insufficienti. D'altro canto se i nutrienti sono presenti in quantità eccessive, oltre ad essere fonte di spreco di fertilizzante, possono causare inquinamento delle acque sotterranee ed accumulo di sostanze pericolose nei prodotti agricoli[5]. Una nutrizione efficiente e senza sprechi può essere condotta utilizzando la tecnica della fertirrigazione. In base alle caratteristiche del vigneto e all'obiettivo enologico, è possibile decidere in anticipo le unità fertilizzanti da apportare ogni anno. Così facendo si può garantire una mirata biodisponibilità dei

[1] C. Creo et al., *Uso efficiente delle risorse nelle imprese vitivinicole*, laboratorio tecnografico ENEA (2018), pp. 19-20.
[2] A. Cicogna, F. Flapp, S. Micheletti, *Il Friuli Venezia Giulia e la viticoltura nel cambiamento climatico,* http://cmsarpa.regione.fvg.it/cms/tema/osmer/Il-Friuli-Venezia-Giulia-e-la-viticoltura-nel-cambiamento-climatico.html , (2017).
[3] Ibidem.
[4] C. Creo, *Uso efficiente delle risorse nelle imprese vitivinicole*, cit., pag. 22.
[5] Ibidem

nutritivi nelle varie fasi fenologiche in funzione sia dell'andamento meteorologico sia dello sviluppo della pianta[6].

Lo stress idrico

Lo stress da deficit idrico è una condizione, temporanea o prolungata, di assenza o di carenza di acqua a livello di terreno. Per definizione, è la condizione in cui l'acqua diventa fattore limitante per lo svolgimento delle normali funzioni delle piante[7]. La vite è una coltura tradizionalmente non irrigata, ma consuma dai 300 ai 600 L/m^2 di acqua ad anno per i climi temperati, e 800 L/m^2 per i climi aridi[8]. In condizioni di forte stress idrico può andare incontro a diverse problematiche quali: riduzione crescita dei germogli, chiusura stomi per ridurre le perdite d'acqua per traspirazione, cessazione crescita delle radici, riduzione sviluppo nuove foglie, anticipata senescenza foglie basali. Le conseguenze a queste problematiche sono: diminuzione resa potenziale, aumento del pH, minor accumulo di solidi solubili, bassa acidità, minore presenza di sostanze aromatiche e coloranti, scadimenti qualitativi, inefficienze fisiologiche, sfasamento della maturazione, alterazione del contenuto zuccherino e disaccoppiamento della maturazione fisiologica da quella tecnologica[9]. L'irrigazione viene dunque in soccorso per ovviare a momentanei o prolungati periodi di stress idrico valutando sempre il suo impatto sulla quantità e qualità della produzione. È utile, insieme all'irrigazione, gestire in modo adeguato la chioma, utilizzare cover crops, e scegliere opportunamente densità d'impianto, cultivar e portinnesto[10].

Sintomi di carenza per fase fenologica

Fase fenologica	Problematiche legate
-Germogliamento	Rallentamento schiusura gemme e ritardo attività apparato radicale
-Sviluppo vegetativo	Internodi corti, foglie piccole e malformate
-Fioritura	Colatura fogliare, nei casi più gravi aborto dell'intero grappolo
-Allegagione	Allegagione incompleta, acinellatura e grappoli spargoli
-Invaiatura	Riduzione crescita acino e grappolo
-Maturazione	Acini sempre meno soggetti a stress con l'avanzare della maturazione

[6] G. Bigot et al., *Fertirrigazione del Pinot Grigio: più qualità e più guadagno*, L'informatore agrario (2014), pag. 1.
[7] J.S. Boyer 1982. *Plant productivity and environment*, (1982) Science, pagg. 218, 443-448
[8] A. Cogato, F. Marinello, F. Meggio, *Rilevare il deficit idrico della vite per irrigare al meglio*, L'informatore agrario (7 ottobre 2021, N. 12)
[9] A. Puggioni, *Meglio non stressare troppo la vite, per un vino di qualità occorre acqua*, teatronaturale.it (2010), https://www.teatronaturale.it/strettamente-tecnico/mondo-enoico/9504-meglio-non-stressare-troppo-la-vite-per-un-vino-di-qualita.htm#:~:text=Il%20primo%20sintomo%20di%20stress,anticipata%20senescenza%20delle%20foglie%20basali. Consultato il 22/05/2023
[10] A. Cogato et al.

-Post raccolta	Blocco crescita radicale, caduta precoce delle foglie, ridotto accumulo di sostanze di riserva con conseguenze gravi alla ripresa vegetativa
[11]	

Gestione dell'irrigazione

La viticoltura di precisone, consiste nell'approcciarsi alla gestione colturale non a scala di campo (dosi per ettaro) ma valutando l'effettivo fabbisogno delle microaree presenti nell'appezzamento addirittura anche la singola pianta. La rilevazione della variabilità tra le aree viene fatta attraverso un set di tecnologie per la raccolta dati: telerilevamento (aereo, satellite, drone); rilievi prossimali fatti con sensori in campo (capannine meteo); via terra (sonde per rilevamento del contenuto idrico) e sulla pianta (ET e flusso linfatico). I dati raccolti vengono poi elaborati da apposite piattaforme informatiche che restituiscono delle mappe di prescrizione da utilizzare per la gestione sito-specifica[12]. L'irrigazione avviene normalmente valutando le precipitazioni e grazie all'esperienza. In questo modo non si riesce a valutare la variabilità che può esserci all'interno del singolo appezzamento. Irrigare al momento giusto e con le dosi giuste permette al viticoltore di aumentare quantità e qualità delle produzioni, ridurre o ottimizzare i costi e ridurre il suo impatto ambientale[13]. Uno studio portato dal Prof. Sivilotti al convegno MIVA del 14/10/2022, evidenzia come un mantenimento dello stress idrico a livello moderato, è in grado di indurre la pianta ad aumentare la qualità della produzione. Il test è stato effettuato comparando due superfici a vigneto: una irrigata mantenendo il fabbisogno idrico sempre a regime, l'altra arrivando a soddisfare solamente il 70 % circa dello stesso fabbisogno. Grazie ad alcuni sensori, si è potuto notare come nel secondo caso il deficit idrico portava livelli di stress accettabili; la pianta rispondeva aumentando la qualità delle sostanze contenute negli acini e limitava autonomamente il suo sviluppo fogliare.

Rilevazione deficit idrico

Metodi:
-indiretti: misurano la risposta fisiologica della pianta in base a diverse condizioni ambientali;
-diretti: stimano le condizioni della vite valutando fattori fisici e ambientali.

[11] R. Zurru, M. Mulas, F. Piras (2008). *La coltivazione dell'uva da tavola in ambiente mediterraneo* AGRIS Sardegna pp.139-156
[12] A. Palliotti, S. Poni, O. Silvestroni, (2018). *Manuale di viticoltura*, Edagricole
[13] A. Cogato, F. Marinello, F. Meggio, *Rilevare il deficit idrico della vite per irrigare al meglio*, L'informatore agrario (7 ottobre 2021, N. 12)

Metodi indiretti

Si basano sull'accertamento del contenuto idrico del suolo tramite metodo gravimetrico o tensiometrico, oppure della domanda evapotraspirativa dell'atmosfera.

Metodo gravimetrico: H2O per unità di volume del suolo; differenza tra il peso prima e dopo l'essicazione a 105°C. Nota la densità del suolo (Delta peso), il peso percentuale può essere trasformato in percentuale volumetrica di acqua.

Metodo tensiometrico: forza con cui l'H2O è trattenuta al suolo (potenziale idrico) misurata con tensiometro o psicrometro.

Questi metodi sono facilmente applicabili ma presentano alcune problematiche:

-suoli eterogenei richiedono molti sensori;

-difficile applicazione su suoli a scheletro prevalente o elevata salinità;

-non viene valutata la domanda evaporativa dell'ambiente, e dunque non viene calcolato il livello di stress raggiunto dalla pianta.

Metodo del bilancio idrico: vuole valutare le variazioni della quantità totale di acqua traspirabile nel suolo, misurata come differenza tra input e output. L'evapotraspirazione effettiva (output) della vite può essere stimata moltiplicando l'evapotraspirazione potenziale per il coefficiente colturale della vite.

Metodi diretti

La semplice valutazione visiva degli apici vegetativi dà un'idea puntuale sul livello di stress della pianta. Se la pianta si trova in buone condizioni, gli apici vegetativi si presentano eretti con la prima foglia espansa piccola e posta appena sotto l'apice. Se la pianta si presenta in deficit idrico, si apprezza un rallentamento della crescita con la prima foglia espansa che arriva a ricoprire l'apice. In condizioni di forte stress, il germoglio cessa la crescita e l'apice si presenta tronco. Se il deficit si presenta severo, è probabile il fenomeno dell'epinastia fogliare, ovvero il ripiegamento delle foglie verso il basso. Una misurazione largamente utilizzata ed efficace è quella del potenziale idrico, rilevando i Bar di pressione esercitati dalla pianta per prelevare acqua dal terreno. Minore sarà questa pressione (la suzione causa pressione negativa), più la pianta è sotto stress idrico; al contrario, a una pressione più alta, la pianta fa meno fatica a prelevare acqua dal suolo. Misurare il potenziale idrico fogliare prima dell'alba serve a capire l'umidità del suolo, immaginando che durante la notte, la pianta e il terreno si trovano in equilibrio tra di loro.[14]

[14] A. Cogato, F. Marinello, F. Meggio, *Rilevare il deficit idrico della vite per irrigare al meglio*, L'informatore agrario (7 ottobre 2021, N. 12)

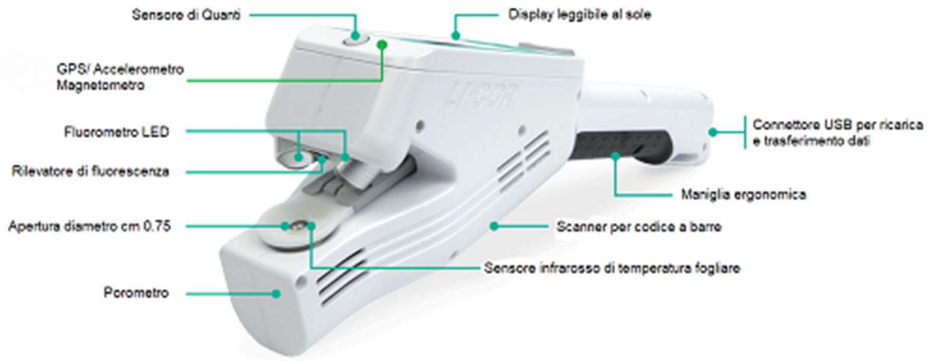
Strumenti

-Camera a pressione:

Una foglia viene pressurizzata all'interno di una camera a tenuta stagna con solamente il picciolo all'esterno. La pressione della linfa xilematica eguaglia quella della camera facendo fuoriuscire dal picciolo una piccola goccia d'acqua. Il potenziale idrico sarà dunque la pressione uguale e contraria, necessaria alla fuoriuscita della goccia, misurabile con un manometro. [15]

-Porometro:

Serve a rilevare lo stress idrico attraverso conduttanza stomatica: misura il grado di apertura stomatica. Si serve di un Porometro, che misura il valore di umidità sulla superficie fogliare. Attraverso un analizzatore di gas infrarosso è in grado di rilevare i flussi di fotosintesi e traspirativi[16].



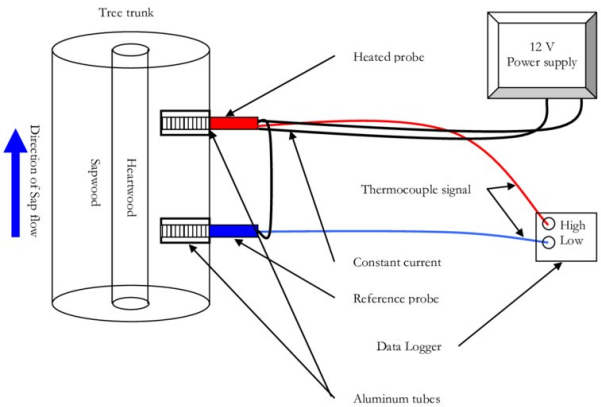
17

-Sapflow:

Misura il flusso di linfa per comprendere i differenti potenziali idrici tra suolo, pianta e atmosfera, così come le forze capillari, responsabili del trasporto di nutrienti dal suolo alle foglie.

[15] A. Cogato, F. Marinello, F. Meggio, *Rilevare il deficit idrico della vite per irrigare al meglio*, L'informatore agrario (7 ottobre 2021, N. 12)
[16] Op. cit.
[17] Ecosearch, *Porometro Fluorometro*, (ultima consultazione 25/05/2023) https://www.ecosearch.info/sapflow

Ogni sensore misura la velocità di risalita della linfa. È composto da due aghi ed un filo riscaldante. Gli aghi si inseriscono uno sopra l'altro nel tronco e forniscono come segnale la differenza di temperatura tra i due, utile al calcolo della velocità linfatica. Si inseriscono poi, altri sensori che permettono di misurare ogni ora la temperatura della pianta in diverse zone. Questo permette di eliminare o correggere eventuali errori di temperatura che sono rilevati dal sensore principale[18].



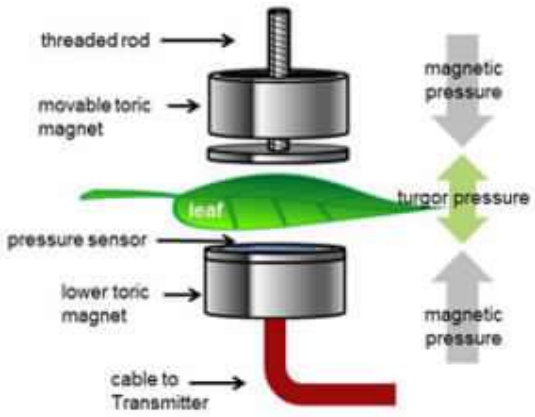
19

-Dendrometro:

Misura la crescita del fusto per rilevare il suo turgore dipendente dall'afflusso o meno di acqua[20].

-Sensori di turgore fogliare:

Misura lo stato idrico della foglia; grazie a piccole sonde, legate insieme da magneti. Un dischetto è capace, tramite un sensore, di misurare la pressione fogliare e inviare i dati tramite cavo[21].



22 & 23

[18] Ecosearch, *Sapflow*, (ultima consultazione 25/05/2023) https://www.ecosearch.info/sapflow

[19] N. Kunert, *Configuration of the sap flow measurement* (ultima consultazione 26/05/2023) https://www.researchgate.net/figure/Configuration-of-the-Granier-system-for-sap-flow-measurement-Each-probe-contains-a_fig7_241012669

[20] Semios, *Dendrometri* , (ultima consultazione 25/05/2023) https://semios.com/it/our-hardware/dendrometers/

[21] A. Scalisi et al., *Monitoraggio di foglie e frutti: sensori su pesco da migliorare*, L'informatore agrario (2020, N. 15)

[22] G.Ferrara, *Dendrometro su germoglio di vite* (ultima consultazione 26/05/2023) https://www.freshplaza.it/article/4097526/agricoltura-di-precisione-e-cambiamenti-climatici-quali-soluzioni-per-le-aziende-agricole/

[23] ZMR strumenti, *Sensori turgore fogliare-ZIM PROBE* (ultima consultazione 26/05/2023) http://www.gmrstrumenti.com/sensore-turgore-fogliare.html

Irrigazione per fase fenologica

Fase fenologica	Irrigazione
-Germogliamento	Acqua disponibile 75-95% della CIC (Capacità Idrica di Campo)
-Sviluppo vegetativo	
-Fioritura	Interventi moderati per non spingere troppo sulla vegetazione
-Allegagione	Stato idrico ottimale
-Invaiatura	Leggero stress soprattutto sui rossi, per incrementare il contenuto di polifenoli e per limitare lo sviluppo vegetativo di viti vigorose
-Maturazione	Indurre uno stress graduale per limitare lo sviluppo dei tralci ma non bloccare l'accumulo di zuccheri nell'acino. Per massimo 2 settimane pre raccolta, mantenere il 40-50% della CIC,
-Post raccolta	Ridurre gradualmente l'irrigazione per consentire la crescita radicale fino alla dormienza; è necessario mantenere in funzione l'apparato fogliare per l'accumulo di sostanze di riserva, ma senza stimolare un'ulteriore crescita
[24]	

Fertilizzazione

I macroelementi più impiegati e utili alla pianta sono: Calcio, Zolfo, Magnesio, Ferro, **Azoto, Fosforo, Potassio**

I microelementi di cui la pianta ha bisogno sono: Boro, Zinco, Manganese, Molibdeno, Rame

Forme di concimi:

-Liquida

gas, soluzioni, sospensioni

-Solida

Polverulenti, granulari, a lento rilascio

Azoto:

-Effetto: stimolo all'accrescimento, clorofilla abbondante.

-Se in eccesso: ritardo fasi fenologiche, minor resistenza alle avversità climatiche e parassitarie,

[24] R. Zurru, M. Mulas, F. Piras (2008). *La coltivazione dell'uva da tavola in ambiente mediterraneo* AGRIS Sardegna pp.139-156

aumento consumi idrici, accumulo nitrati.

-Assorbimento: fasi iniziali poco assorbimento; fioritura e accrescimento elevato assorbimento; maturazione rallentamento.

Gli apporti di azoto devono essere frazionati, con un dosaggio medio intorno alle 50 unità per ettaro; operativamente, si consiglia di dividere il dosaggio stabilito in tre epoche:

• una prima applicazione (pari al 30-35% del totale), in post-vendemmia;

• una seconda quota (un altro 40%) dopo il germogliamento, con concimi a lenta cessione;

• l'ultima 15 giorni dopo l'allegagione (25-30%) con un concime a rapido assorbimento (nitrati, concimi fogliari, fertirrigazione). Se l'obiettivo enologico è quello di produrre vini ben strutturati (anche da invecchiamento), le concimazioni azotate dovranno essere tali da favorire la maturazione completa delle uve, sostenendo la formazione di un adeguato ed equilibrato apparato fogliare, fondamentali per permettere l'accumulo delle sostanze aromatiche e polifenoliche. La formazione della parete fogliare dovrebbe essere rapida e la crescita dei germogli dovrebbe arrestarsi precocemente, già in post-allegagione, in modo da convogliare i prodotti della fotosintesi verso i grappoli. Se invece l'obiettivo enologico è la produzione di un vino da consumare giovane, l'azoto può essere aumentato fino a 80 unità, in epoche e modalità tali da allungare l'attività vegetativa. [25]

Fosforo:

Riguardo al fosforo, la vite non è particolarmente esigente, per cui gli apporti, in genere, sono limitati, 20-30 kg/ha di P_2O_5 in unica soluzione, assieme al potassio. Nel caso di evidenti carenze, legate a particolari situazioni di stress, si può intervenire tempestivamente con trattamenti fogliari nella fase tra la pre-chiusura del grappolo e l'invaiatura, per favorire l'accumulo di antociani e altri polifenoli nelle bucce. A fine stagione vegetativa invece, si può operare a una concimazione di restituzione con 40-45 Kg/ha.[26]

Potassio:

Il potassio si può somministrare in un'unica soluzione in autunno o alla ripresa vegetativa, preferibilmente come solfato; anche l'apporto di potassio va calibrato evitando gli eccessi, perché questo elemento dato al terreno può causare un pericoloso innalzamento del pH. Il potassio è coinvolto nell'accumulo degli zuccheri, per cui se si vuole esaltare questa funzione, la sua massima espressione è data con gli apporti fogliari, evitando però gli eccessi che comportano conseguenze negative nel mosto con la precipitazione dell'acido tartarico.[27]

[25] G. Neddu, *Modelli viticoli e gestione del vigneto in Sardegna*, Convisar Consorzio Vini Sardegna (ultima consultazione 29/05/2023)
[26] Op.cit.
[27] Op.cit.

TABELLA 2 - Picchi di assorbimento e fabbisogno dei principali elementi nutritivi per la vite

Elemento	Picchi di assorbimento	Picchi di fabbisogno
Azoto	Piena maturazione legno con accumulo riserve (a tarda estate-inizio autunno), germogliamento e pre-fioritura	Ripresa vegetativa, allegagione-grano-di pepe, invaiatura
Fosforo	Germogliamento, inizio fioritura, maturazione legno (tarda estate-inizio autunno)	Al pianto, fiori separati-fioritura, grano di pepe-chiusura grappolo, invaiatura-maturazione
Potassio	Germogliamento-fioritura, allegagione-chiusura grappolo, maturazione legno o «agostamento» (a tarda estate-inizio autunno)	Pre-fioritura, allegagione, pre-chiusura grappolo, maturazione
Magnesio	Da germogliamento-fioritura a invaiatura	In pre-fioritura-fioritura e invaiatura

Fonte: Porro e Dorigatti, 2009 - rielaborata.

La vite assorbe elementi nutritivi durante il ciclo vegetativo, tuttavia si evidenziano alcuni picchi in alcune fasi fenologiche.

[28]

Concimazione Orientativa di restituzione di base

Produzione qli/Ha	**Azoto kg/Ha**	**P2O5 kg/Ha**	**K2O kg/Ha**	**CaO kg/Ha**	**Mg kg/Ha**
50	65	41	96	300	28
100	76	44	112	358	31
150	87	46	128	417	34

[29]

I microelementi sono necessari alla vite in quantità limitata, tuttavia, vengono sempre più spesso segnalati fenomeni di carenza; poiché si possono avere conseguenze negative, non solo sull'entità della produzione, ma anche sul potenziale qualitativo (aromi e polifenoli), la moderna pratica viticola ne sta sempre più considerando l'importanza e sono consigliati nelle applicazioni fogliari. In generale, come già detto per alcuni elementi, la tendenza attuale nella concimazione di produzione, qualunque sia la tecnica di distribuzione, è quella di non dare più i fertilizzanti in un'unica soluzione, ma quella di frazionarli in funzione delle effettive esigenze e dell'epoca fenologica in cui si trova la vite, dell'andamento stagionale, ecc.

Valutazione esigenze nutritive

Misurazioni manuali: accrescimento medio dei germogli; accrescimento medio del tronco; rilievi sulle gemme, germogli grappoli (% di danno, fertilità, produzione attesa); scavi radicali.

Analisi di laboratorio: analisi del terreno (tessitura, disponibilità di macro-microelementi, microbiologia, residui, ecc.); analisi del materiale vegetale (foglie, rami, ecc.); analisi residuali.

[28] G. Bigot et al, Fertirrigazione Pinot grigio, più qualità e più guadagno, L'informatore Agrario, (32/2014)
[29] M. Fregoni, *Viticoltura di qualità,* La Feltrinelli (2013)

Sensoristica varia:

-SPAD, misura il contenuto di clorofilla, direttamente proporzionale al quantitativo di azoto.

-Greenseeker: emissioni di raggi a luce rossa e infrarossa che ritornano riflessi dalla pianta. Il tipo di luce riflessa è indice dello stato nutritivo.

-Fertimetro: Il funzionamento del fertimetro si basa sull'attività biologica dei microrganismi, ovvero la loro capacità di degradare sostanza organica. Viene misurato: la quantità di CO2 e/o CH4 sprigionata, oppure il tasso di degradazione di una o più sostanze di riferimento. Stima il volume fogliare. [30]

[31]

Somministrazione

Fosfo-potassici: in autunno. L'apporto di elementi nutritivi dopo la vendemmia e prima del riposo vegetativo è una pratica agronomica sempre più diffusa per migliorare la fertilità del terreno e la qualità delle uve. Permette alla pianta di accumulare sostanze di riserva indispensabili per la successiva ripresa vegetativa primaverile. Le radici assorbono gli elementi nutritivi per tutto il periodo autunnale, poiché temperatura e umidità del terreno sono ottimali. È possibile poi reintegrare una parte degli elementi, asportati dal vigneto con la produzione, che vengono assorbiti e accumulati nei tessuti di riserva dai quali saranno richiamati la primavera successiva.

L'Azoto: diviene necessario curare la suddivisione della sua reintegrazione nel corso dell'anno, evitando le elevate disponibilità nelle fasi primaverili e mantenendo un livello sufficiente da fine fioritura fino alla caduta delle foglie.[32]

Fertirrigazione

La fertirrigazione è un metodo di fertilizzazione che combina l'irrigazione e l'applicazione di fertilizzanti direttamente alle radici delle piante. Questo approccio consente un migliore assorbimento dei nutrienti da parte delle piante, garantendo un uso efficiente dei fertilizzanti e riducendo al minimo gli sprechi. Permette di fornire aiuti nutritivi mirati e dosati in base alle esigenze specifiche delle piante. Ciò consente di massimizzare l'assorbimento dei nutrienti, riducendo gli sprechi e minimizzando l'impatto ambientale. Consente di adattare facilmente la quantità e la composizione dei fertilizzanti in base alle variazioni delle condizioni di coltivazione, come il tipo di suolo, la stagione

[30] D. Boscaro, *Interventi meccanici secondo le tecniche di Precision Farming*, CREA, (ultima consultazione 30/05/2023) https://www.venetoagricoltura.org/wp-content/uploads/2021/03/boscaro-220421.pdf
[31] Op.cit.
[32] G. Neddu et al.

o le esigenze specifiche delle piante. Questa flessibilità aiuta gli agricoltori ad ottimizzare la resa delle colture e a rispondere alle sfide ambientali ed economiche Permette una distribuzione precisa dei fertilizzanti direttamente alle radici delle piante, riducendo il rischio di dispersione dei nutrienti nell'ambiente circostante e assicurando che le piante ricevano esattamente ciò di cui hanno bisogno per una crescita sana e vigorosa. Consente un controllo accurato dei nutrienti forniti alle piante. Gli agricoltori possono regolare la concentrazione e la combinazione di fertilizzanti in base alle esigenze specifiche delle colture durante ogni fase di crescita. Ciò permette di ottimizzare l'equilibrio dei nutrienti nel terreno e di prevenire problemi come carenze o eccessi che potrebbero danneggiare le piante; utilizzando la fertirrigazione, l'acqua può essere gestita in modo più efficiente. I fertilizzanti possono essere diluiti in soluzioni acquose e applicati direttamente alle radici, riducendo così la quantità complessiva di acqua richiesta per l'irrigazione. Ciò è particolarmente importante in aree in cui le risorse idriche sono limitate o soggette a restrizioni[33].

L'opportunità di sfruttare la microirrigazione consente di portare gli elementi nutritivi nello spazio e con gli intervalli di tempo desiderati, creando così incredibili opportunità poiché si rende possibile suddividere gli interventi fertilizzanti in diversi momenti, in modo da adattarsi alle reali necessità della pianta e giungere agli obiettivi enologici e produttivi programmati. La fertirrigazione permette di ottimizzare l'applicazione degli elementi nutritivi e massimizzarne l'efficienza anche in terreni sciolti poiché viene garantito un adeguato livello di azoto, senza problemi di contaminazione delle falde acquifere. Per l'ottenimento ad esempio di vini caratterizzati da una buona freschezza e acidità, è bene che l'azoto non venga somministrato in un unico intervento a primavera, perché sarebbe causa di una vigoria troppo spinta. Se opportunamente frazionato fino all'invaiatura, favorisce un adeguato rinnovo di vegetazione mantenendo uno sviluppo equilibrato e un elevato tenore in acidità delle uve. Il vino buono oggi non viene dal vitigno che ha sofferto «fame e sete», al contrario. È possibile dunque ottenere una maggiore costanza di produzione e reddito nel medio-lungo periodo, cercando così anche di attenuare gli effetti degli andamenti meteorologici anomali che purtroppo caratterizzano sempre più le ultime annate.[34]

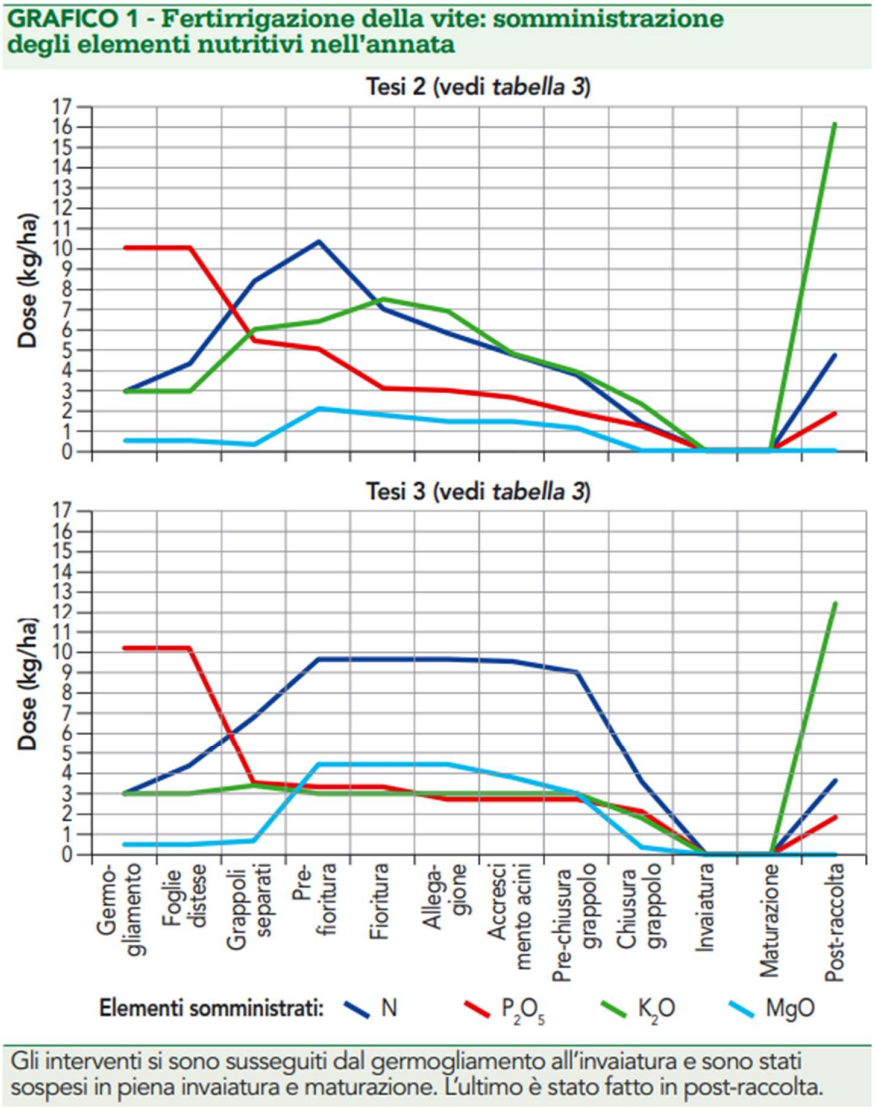
Esempio di Fertirrigazione su Pinot Grigio con i tempi e la dose per ettaro

È stata condotta una ricerca sperimentale su un vigneto di Pinot Grigio a Romans d'Isonzo, in cui da 2009 al 2012 si è cercato di trovare un equilibrio fertirriguo in modo da dare in nuovo stile al vino. Nello studio si è fatto un paragone tra la Tesi 1: concimazione granulare; e la Tesi 2-3: fertirrigazioni diverse. Si è mantenuta una concentrazione alla radice costante durante la fertilizzazione: 1,2-1,8g/L; una quantità di acqua pari a 2,3-2,9 mm/Ha; una durata complessiva di intervento di 2,5 ore.

[33] D. Solimando et al., *Fertirrigazione, ecco come calcolare quanti input distribuire*, Terra e vita, (6/5/2019) https://terraevita.edagricole.it/irrigazione/fertirrigazione-ecco-come-calcolare/

[34] G. Bigot et al, Fertirrigazione Pinot grigio, più qualità e più guadagno, L'informatore Agrario, (32/2014)

Utilizzando così poca acqua e poco tempo, si è potuti intervenire senza preoccuparsi dello stato idrico già esistente nel terreno. [35]



[36]

Risultati

La produzione per pianta e per ettaro è risultata maggiore nelle tesi 2-3: maggior numero di grappoli per pianta e un minor peso medio del grappolo (si ipotizza a causa della compensazione). Questo è probabilmente dovuto al fatto che il fosforo, essendo stato disponibile durante le prime fasi del ciclo vegetativo, ha portato a una maggior formazione di primordi di grappoli. Un dato rilevante è il contenuto zuccherino all'interno dei mosti: non si è rilevata nessuna diminuzione significativa del grado zuccherino tra i mosti ottenuti dal vigneto posto a fertirrigazione e quello concimato con

[35] G. Bigot et al, Fertirrigazione Pinot grigio, più qualità e più guadagno, L'informatore Agrario, (32/2014)
[36] Op.cit.

granulare. Guardando quindi il montegradi a ettaro (°Babo moltiplicato per la produzione, per ettaro) invece, le tesi 2-3 hanno evidenziato un incremento di accumulo di zuccheri per ettaro con un conseguente aumento di guadagno per i coltivatori che hanno conferito in cantina sociale. Anche l'acidità titolabile (soprattutto malico e tartarico) si è dimostrata maggiore nelle tesi 2-3, dando così caratteristiche al vino ottenuto di maggior freschezza. Il contenuto di APA è risultato maggiore nelle tesi 2-3, in particolare nella tesi 3 dove l'azoto è stato dato con maggior costanza fino a ridosso dell'invaiatura. Il rapporto tra l'azoto somministrato nel terreno, e quello effettivamente accumulato nei grappoli è superiore dell'82% tra la tesi 1 e la tesi 2. Il panel di degustazione infine ha decretato che i vini ottenuti tramite fertirrigazione presentano un profilo più fresco e aromatico, evidenziando sentori più fruttati e floreali, con più struttura, piacevolezza e morbidezza rispetto a quelli della tesi 1. È da citare il fatto che le viti innestate su Kober 5BB hanno permesso di ottenere un montegradi a ettaro superiore rispetto agli altri portinnesti. Le tesi 2-3 hanno permesso di ottenere una PLV a ettaro superiore, al netto dei costi del concime, rispetto alla tesi 1 (da 26.417 a 47.800 euro/ha, contro 31.460-53.400 e 30.990-53.300 euro/ha). [37]

GRAFICO 4 - Risultati dell'analisi sensoriale dei vini Pinot grigio

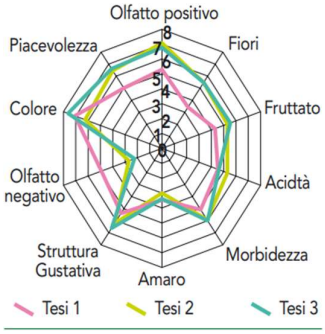


TABELLA 4 - Effetto delle tecniche di concimazione e del portinnesto sulla produzione e sulla qualità delle uve

Tesi a confronto	Peso medio grappolo (g)	Grappoli (n./pianta)	Produzione (kg/pianta) (1)	Legno di potatura (g/pianta)	Zuccheri (°Brix)	Acidità titolabile (g/L)	Acido malico (g/L)	Acido tartarico (g/L)	APA (2) (mg/L)
Tesi di concimazione									
Tesi 1	133 *a*	16,0 *b*	2,13 *b*	309	21,5	6,39 *b*	2,28 *b*	6,23 *b*	131 *c*
Tesi 2	123 *b*	18,5 *a*	2,28 *a*	338	21,4	6,52 *a*	3,09 *a*	6,52 *a*	206 *b*
Tesi 3	121 *b*	18,4 *a*	2,26 *ab*	341	21,5	6,53 *ab*	3,22 *a*	6,64 *a*	231 *a*

[38]

L'impianto di fertirrigazione

Ali gocciolanti

L'acqua viene distribuita grazie a dei gocciolatori disposti su delle file a distanze variabili di circa 40 cm fino ad arrivare a 2 metri. L'erogazione varia dal 4 ai 16 litri per ora, interessando circa il 10-20% delle radici. La filtrazione prima di mettere l'acqua nell'impianto è molto importante poiché i fori presenti nei tubi di polietilene sono estremamente piccoli (1,6-2 mm) e c'è il rischio che si intasino. Tali tubi vengono posti sul filare ad altezze diverse. Possono essere posizionate a livello del terreno,

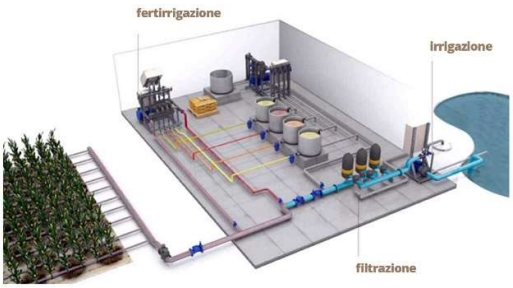
[37] G. Bigot et al, Fertirrigazione Pinot grigio, più qualità e più guadagno, L'informatore Agrario, (32/2014)
[38] Op.cit.

a 40-60 cm da terra, appese ai cordoni permanenti o al filo di corda, interrate da 10 a 40 cm. Inutile sottolineare come, se l'impianto si trova al di sopra del terreno, sarà sicuramente d'intralcio ad alcune operazioni: spollonature meccaniche, lavorazioni sottofila, vendemmia (sia meccanica con l'impossibilità da parte dei battenti di agire con efficacia a ridosso del tubo; sia manuale a causa della possibilità di rovinare le tubazioni non solo in vendemmia ma anche in potatura). I vantaggi di interrare le ali gocciolanti sono molteplici:

- Assenza di ostacoli per la gestione del vigneto;
- Assenza di evaporazione superficiale;
- Utilizzabili sia per irrigazione che fertirrigazione;
- Riduzione sviluppo infestanti a causa di una minore umidità superficiale;
- Posa più facile grazie a macchinari posatubi;
- Minor probabilità di rottura a causa degli urti;
- Minor impatto visivo;

Gli svantaggi sono:

- Intasamento fori a causa del risucchio (problema superabile grazie all'applicazione di apposite valvole di sfiato);
- Occlusione fori a causa dello sviluppo radicale al loro interno (risolvibile anche questo utilizzando principi attivi diserbanti o mantenendo un minimo di acqua a ridosso del foro per creare un ambiente di asfissia localizzata);
- Timore a causa della fauna selvatica;
- Impossibilità di controllare tempestivamente il malfunzionamento degli apparati;
- Difficoltà a raggiungere l'apparato radicale delle barbatelle;
- Necessità di porre attenzione alla scelta di macchinari per la lavorazione del terreno.[39]



[40]

[39] W. Biasi, C. Peratoner, P. Gasparinetti, T. Maschio, G. Teot, *Ali gocciolanti interrate per una moderna gestione del vigneto,* L'Informatore Agrario 47/2000

[40] Irrigazione Veneta, *Impianti di fertirrigazione*, (ultima consultazione 22/06/2023) https://www.irrigazioneveneta.com/project/impianti-di-fertirrigazione/#:~:text=Gli%20impianti%20di%20fertirrigazione%20consistono,alla%20pulizia%20dell'impianto%20stesso

Tubo Venturi

"Un restringimento di una condotta crea una depressione al suo interno che consente di aspirare da una derivazione altri liquidi, che vengono quindi aggiunti al fluido principale". Il principale vantaggio è il costo e la facilità di utilizzo, mentre si presenta svantaggioso dal punto di vista del controllo meno preciso e costante del fertilizzante durante la somministrazione nell'impianto.

[41]

Pompa idraulica a pistone Dosatron

Pompa che funziona tramite la sola forza della pressione dell'acqua; preleva il liquido da una botte e lo porta tramite somministrazioni controllate all'interno dell'impianto.

[42]

Pompa elettrica

Consente elettricamente di apportare soluzione madre sia in quantità fisse, che proporzionali. È controllabile da remoto.

[41] Irrigazione Veneta, *Impianti di fertirrigazione*, (ultima consultazione 22/06/2023) https://www.irrigazioneveneta.com/project/impianti-di-fertirrigazione/#:~:text=Gli%20impianti%20di%20fertirrigazione%20consistono,alla%20pulizia%20dell'impianto%20stesso

[42] Op.cit.

[43]

Serbatoi o Dissolver

Le unità di iniezione sopra citate attingono a un serbatoio di soluzione madre per prelevare il fertilizzante e immetterlo nell'impianto. Solitamente questi serbatoi sono dotati di agitatore per mantenere la solubilità e per conservare la concentrazione del prodotto costante.

[44]

Filtri

I filtri proteggono e conservano il sistema di irrigazione a goccia. Il loro scopo è quello di prevenire l'intasamento dei gocciolatori. La loro scelta viene fatta in base alle caratteristiche dell'acqua e alla portata desiderata, oltre a considerare la grandezza dell'impianto. Quando le acque irrigue hanno solidi in sospensione come sabbia in quantità < 2gr/l, residui di ruggine, limi ed argille, residui non solubili dei concimi utilizzati per la fertirrigazione, si utilizzano i filtri a rete o a dischi.
È necessario valutare tre parametri: capacità filtrante espressa in mesh (numero di maglie per pollice quadrato), la superficie filtrante (dimensionata all'acqua di passaggio), e la velocità di passaggio nel filtro (per non obbligare particelle grossolane a passare comunque, spinte dalla pressione).

Filtri a dischi

Sono dispositivi costituiti da un involucro in metallo o plastica al cui interno è alloggiata una massa filtrante costituita da una serie di dischi aventi una superficie zigrinata. I dischi vengono impilati e

[43] Op.cit.
[44] Op.cit.

compressi strettamente attorno a una struttura di sostegno. La capacità filtrante è determinata dalla zigrinatura presente sulla superficie dei dischi. Grazie a questa compressione, viene a crearsi un insieme di potenza elastica e pressione differenziale, fornendo così un'alta efficienza di filtrazione.

Filtri a rete

I filtri a rete sono dispositivi costituiti da un involucro in metallo o plastica all'interno del quale è alloggiata una cartuccia filtrante composta da una rete in inox o poliestere, e sostenuta da una semplice struttura. La rete determina la capacità filtrante. Con acque sono molto cariche, i filtri a rete sono più soggetti a lacerazione.

I filtri, sia a rete sia a dischi, devono essere selezionati in modo tale che alla portata massima dell'impianto, la perdita di carico sia idealmente di 0,2 bar e non superiore a 0,3 bar con acqua pulita. Diventa dunque importante la presenza di manometri per monitorare lo stato di pulizia del filtro e la pressione di entrata e di uscita.

La scelta viene effettuata dunque tenendo conto dell'analisi dell'acqua:

- Filtri a rete per rimuovere particelle inorganiche, con acque con valori di solidi sospesi non molto elevati. Possono essere utilizzati come filtri di sicurezza in impianti molto estesi e sono i più utilizzati per acqua da pozzo.
- Filtri a disco sono in grado di rimuovere sia particelle inorganiche e, in modeste quantità, quelle organiche. Sono utilizzati anche come filtri di sicurezza.[45]

Parametri da considerare

Analisi qualitativa della salinità

Permette di conoscere a quale tipologia di sali è dovuta. Non è da trascurare la presenza di ferro, che può causare occlusioni da ferrobatteri dei sistemi filtranti.

Qualità acqua

È importante conoscere la provenienza dell'acqua per valutare i rischi durante la stagione irrigua. Acque provenienti da canali, possono essere ricche di alghe e batteri durante l'estate; acque da pozzo possono avere sospensioni solide come sabbia o limo, ecc.

pH

Controllare il pH della soluzione irrigua è importante dal punto di vista nutrizionale poiché influenza

[45] Sab SPA, *Filtri per irrigazione a goccia, disco o rete?* , 12/03/2020, (ultima consultazione 22/06/2023) https://www.sabspa.com/filtri-per-irrigazione-a-goccia-disco-o-rete/

le condizioni di abitabilità e nutrizione del terreno ma non solo; anche quando si vuole evitare la formazione di pericolosi precipitati che intaserebbero i sistemi. Il pH è direttamente influenzato da fattori legati al terreno e all'acqua utilizzata per l'irrigazione. Come è noto, il terreno è un forte sistema tampone che si oppone ai cambiamenti di pH, talmente tanto che in alcuni casi ne impedisce la variazione. Nella soluzione circolante si svolgono i principali fenomeni chimici che possono portare a gradi diversi di disponibilità dei nutrienti presenti (possono sopraggiungere ad esempio problemi di clorosi ferrica). Bicarbonati, se apportati giorno dopo giorno, legandosi al calcio fanno sì che nel substrato di coltivazione si formi carbonato di calcio. Una conseguenza facilmente riscontrabile nell'utilizzo dell'acqua dura, è l'innalzamento del pH nel substrato e dunque si può presentare una clorosi ferrica. Questo avviene poiché il ferro non viene assimilato con un pH del substrato innalzato. [46] Un'aggiunta di sostanze nutritive nella soluzione irrigua, è causa di innalzamenti di pH che dovranno essere corretti acidificando in continuo ed in relazione alle rilevazioni degli appositi sensori di pH, al fine di mantenere i valori desiderati.

Ec

L'incremento di sali in soluzione influenza, oltre al pH, l'elettro conducibilità nota come EC.
Dalla soluzione circolante, l'apparato radicale assorbe per osmosi acqua e nutrienti. Questo fenomeno fisico si verifica tra due soluzioni a diversa concentrazione salina. L'assorbimento per osmosi si interromperà all'eguagliarsi della concentrazione tra le soluzioni. Pertanto maggiore sarà la concentrazione della soluzione circolante, maggiore sarà la difficoltà da parte delle radici di assorbirla. È possibile addirittura arrivare a livelli critici che tenderanno a devitalizzare per disidratazione le radici. Dato che l'EC aumenta con la concentrazione di soluti, la sua misura consente di stimare in modo indiretto la pressione osmotica. Al contrario però, una conducibilità bassa è correlata ad un'eccessiva diluizione della soluzione, causa condizioni di nutrizione minerale carente. Alcune fasi di fertirrigazione ad EC bassa e per brevi intervalli sono tollerate anche per tempi relativamente lunghi, ma si possono ripercuotere negativamente sia sulla resa quantitativa sia sulle proprietà organolettiche del prodotto finale. Al contrario, fasi intervallate ad EC elevata sono tollerate solo per tempi brevissimi in quanto aumenta considerevolmente il rischio di ostruzione dei pori della membrana radicale e quindi il rischio di avvizzimento. La conducibilità elettrica fornisce indicazioni quantitative e non qualitative sulla natura dei sali in soluzione. Estremamente importante è il controllo della EC anche dopo l'aggiunta di soluzione madre per valutarne l'incremento, e se questo può essere causa di problemi.

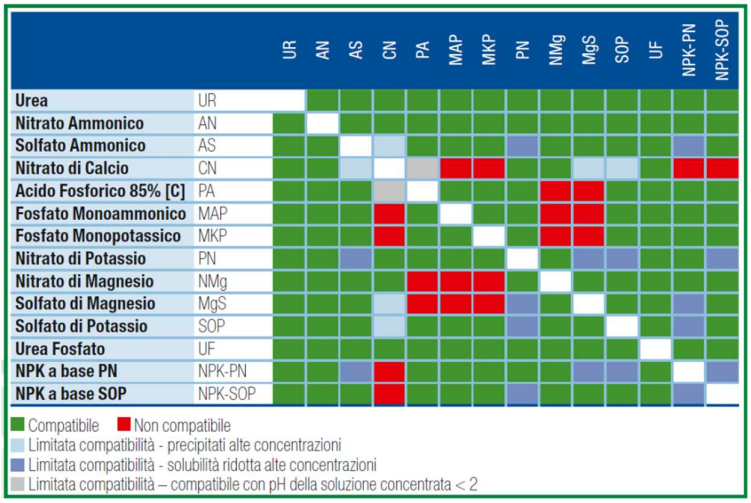
Tutti questi elementi concorrono, oltre che ad una corretta pianificazione irriguo-nutrizionale, al

[46] ICL, *La fertirrigazione con acqua dura e acqua dolce*, 4/07/2022 (ultima consultazione 22/06/2023) https://icl-sf.com/it-it/article/la-fertirrigazione-con-acqua-dura-o-acqua-dolce/

corretto dimensionamento dei filtri, indispensabili quando si opera con i sistemi di microirrigazione.[47]

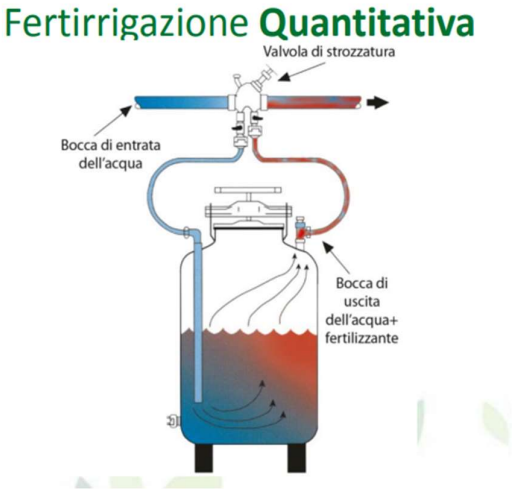
Principi di applicazione pratica

Il modo più veloce, economico e versatile per preparare le soluzioni di fertilizzante, è l'uso di concimi idrosolubili in forma solida. È necessario conoscere per ogni concime il tempo di solubilizzazione e la compatibilità tra i vari formulati.



Fertirrigazione quantitativa:

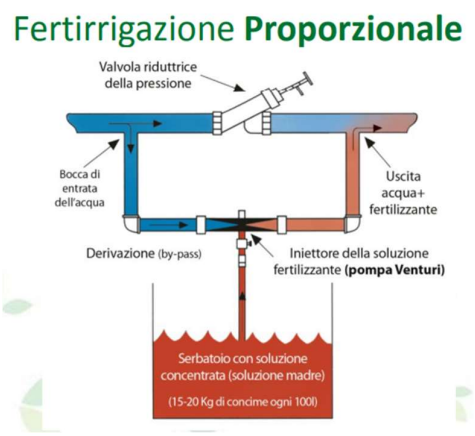
- La concentrazione della soluzione nutritiva non è costante
- Ci vogliono da 4 a 10 volte il volume del recipiente per consumare tutto il fertilizzante solido
- Solitamente utilizzato con Tubo Venturi



48

[47] AgroNotizie, *Importanza del controllo del pH ed EC nella fertirrigazione*, 22/09/2009 (ultima consultazione 22/06/2023) https://agronotizie.imagelinenetwork.com/agrotecnologie/2009/09/22/importanza-del-controllo-di-ph-ed-ec-nella-fertirrigazione/8145

[48] HAIFA, *Fertirrigazione di Precisione, Aspetti Pratici e innovazione* 11 Novembre 2016 (ultima consultazione 22/06/2023) https://terraevita.edagricole.it/wp-content/uploads/sites/11/2016/11/161110-Preparazione-soluzioni-concentrate-EIMA-2016.pdf



Fertirrigazione proporzionale:

- Concentrazione costante e regolabile
- Metodo utilizzato con pompe a pressione o elettriche
- Limitazioni delle perdite in falda

[49]

In genere il tempo necessario alla preparazione di un contenitore da 1000-2000 litri di soluzione concentrata utilizzando concentrazioni medie di circa il 15-20% (kg/100 litri) di concime, si attesta in circa 15-20 minuti.

- È meglio non utilizzare acqua sotto i 10°C;
- Per agevolare la solubilizzazione evitare concentrazioni particolarmente elevate: si consiglia di sciogliere in media circa 15-25 kg/100 litri in funzione del tipo di concime;
- Si consiglia di non riscaldare l'acqua per incrementare la solubilità, poiché se la temperatura dell'acqua nel tempo si abbassa, c'è il rischio di formazione di precipitati e ricristallizzazione;
- Quando si utilizza nitrato potassico o concimi a base di nitrato potassico la temperatura dell'acqua diminuisce (effetto endotermico) e si incrementa il tempo di solubilizzazione proporzionalmente alla concentrazione di concime;
- Lavorando sulla concentrazione della soluzione madre e sulla portata della pompa di fertiniezione, si può modificare la concentrazione voluta nella soluzione finale (g/litro);
- Per agevolare la solubilizzazione del concime si consiglia di acidificare l'acqua prima di versare il concime in polvere usando acido ortofosforico 85% [C] alla dose di 0,5÷1 litro/mc di soluzione;
- Nella preparazione di soluzioni concentrate iniziare la solubilizzazione con i concimi a minor solubilità e finire con i prodotti più solubili;
- Utilizzare prodotti per la pulizia dell'impianto quando si verificano diminuzioni della portata dei gocciolatori.[50]

[49] HAIFA, *Fertirrigazione di Precisione, Aspetti Pratici e innovazione* 11 Novembre 2016 (ultima consultazione 22/06/2023) https://terraevita.edagricole.it/wp-content/uploads/sites/11/2016/11/161110-Preparazione-soluzioni-concentrate-EIMA-2016.pdf
[50] Op.cit.

Conclusioni

La vite è una pianta che, nello standard del clima mediterraneo, non necessita di elevate quantità d'acqua per dare una buona produzione, anzi si direbbe addirittura il contrario. Può infatti diventare controproducente somministrarne un elevato quantitativo, soprattutto perché condiziona l'aspetto quantitativo a discapito però di quello qualitativo. Diventa dunque fondamentale, per fare viticoltura di qualità, gestire meticolosamente ogni apporto di acqua, pesandone accuratamente l'utilizzo nelle varie fasi fenologiche della pianta. Parimenti anche un corretto apporto di sostanze fertilizzanti diviene fondamentale in un'ottica di produzione di alta qualità. La fertirrigazione può giocare un ruolo determinante nella gestione di un'azienda perché riesce a combinare questi due aspetti, facendo risparmiare tempo, soldi e manodopera. Il cambiamento del clima ha spinto molti vitivinicoltori a dotarsi di un impianto irriguo, non solo per aumentare la produzione nel caso in cui le uve vengano conferite a cantine sociali, ma anche nel caso in cui si voglia intervenire durante lunghi periodi di siccità. È possibile così fare un aggiornamento e dotarsi di un più moderno impianto fertirriguo che va, come descritto in precedenza nella prova con il Pinot Grigio, a far guadagnare il vigneto sia dal punto di vista qualitativo che quantitativo. Tutto ciò è reso possibile dal monitoraggio continuo della fase fenologica della vite e dall'apporto di acqua e sostanze fertilizzanti nei momenti più corretti, per far in modo che la pianta trovi sempre le condizioni più favorevoli. Come descritto dal prof. Sivilotti, un leggero stress idrico consente alla pianta di auto regolarsi portando numerosi vantaggi nella produzione. Se dunque viene combinata questa nozione con l'apporto di sostanze fertilizzanti nel momento più adeguato è possibile offrire alla pianta, direttamente agendo dal suolo, tutto ciò di cui ha bisogno per creare in autonomia uno status di mantenimento ottimale. È stato dimostrato come sia possibile già dal campo, modificare le caratteristiche organolettiche del prodotto finale, aiutando le operazioni di cantina e intervenendo dall'origine per un prodotto più aderente al desiderio di ogni singolo produttore. Infine, la tecnologia viene in soccorso dell'agricoltore rendendo più facile e preciso decidere e trattare ogni singolo frangente di appezzamento con il giusto quantitativo di sostanze, senza standardizzare il trattamento e rischiando così di errare in deficit o in eccesso. La fertirrigazione è uno strumento intuitivo, all'avanguardia e permette di semplificare di molto il lavoro del viticoltore.

Bibliografia e Sitografia

A. Cicogna, F. Flapp, S. Micheletti, *Il Friuli Venezia Giulia e la viticoltura nel cambiamento climatico,* *http://cmsarpa.regione.fvg.it/cms/tema/osmer/Il-Friuli-Venezia-Giulia-e-la-viticoltura-nel-cambiamento-climatico.html* , (2017).

A. Cogato, F. Marinello, F. Meggio, *Rilevare il deficit idrico della vite per irrigare al meglio*, L'informatore agrario (7 ottobre 2021, N. 12)

AgroNotizie, *Importanza del controllo del pH ed EC nella fertirrigazione*, 22/09/2009 (ultima consultazione 22/06/2023) https://agronotizie.imagelinenetwork.com/agrotecnologie/2009/09/22/importanza-del-controllo-di-ph-ed-ec-nella-fertirrigazione/8145

A. Palliotti, S. Poni, O. Silvestroni, (2018). *Manuale di viticoltura*, Edagricole

A. Puggioni, *Meglio non stressare troppo la vite, per un vino di qualità occorre acqua*, teatronaturale.it (2010), https://www.teatronaturale.it/strettamente-tecnico/mondo-enoico/9504-meglio-non-stressare-troppo-la-vite-per-un-vino-di-qualita.htm#:~:text=Il%20primo%20sintomo%20di%20stress,anticipata%20senescenza%20delle%20foglie%20basali. Consultato il 22/05/2023

A. Scalisi et al., *Monitoraggio di foglie e frutti: sensori su pesco da migliorare*, L'informatore agrario (2020, N. 15)

C. Creo et al., *Uso efficiente delle risorse nelle imprese vitivinicole*, laboratorio tecnografico ENEA (2018), pp. 19-20.

D. Boscaro, *Interventi meccanici secondo le tecniche di Precision Farming*, CREA, (ultima consultazione 30/05/2023) https://www.venetoagricoltura.org/wp-content/uploads/2021/03/boscaro-220421.pdf

D. Solimando et al., *Fertirrigazione, ecco come calcolare quanti input distribuire*, Terra e vita, (6/5/2019) https://terraevita.edagricole.it/irrigazione/fertirrigazione-ecco-come-calcolare/

Ecosearch, *Porometro Fluorometro*, (ultima consultazione 25/05/2023) https://www.ecosearch.info/sapflow

Ecosearch, *Sapflow*, (ultima consultazione 25/05/2023) https://www.ecosearch.info/sapflow

N. Kunert, *Configuration of the sap flow measurement* (ultima consultazione 26/05/2023) https://www.researchgate.net/figure/Configuration-of-the-Granier-system-for-sap-flow-measurement-Each-probe-contains-a_fig7_241012669

G. Bigot et al., *Fertirrigazione del Pinot Grigio: più qualità e più guadagno*, L'informatore agrario (2014), pag. 1.

G.Ferrara, *Dendrometro su germoglio di vite* (ultima consultazione 26/05/2023) https://www.freshplaza.it/article/4097526/agricoltura-di-precisione-e-cambiamenti-climatici-quali-soluzioni-per-le-aziende-agricole/

G. Neddu, *Modelli viticoli e gestione del vigneto in Sardegna*, Convisar Consorzio Vini Sardegna (ultima consultazione 29/05/2023)

HAIFA, *Fertirrigazione di Precisione, Aspetti Pratici e innovazione* 11 Novembre 2016 (ultima consultazione 22/06/2023) https://terraevita.edagricole.it/wp-content/uploads/sites/11/2016/11/161110-Preparazione-soluzioni-concentrate-EIMA-2016.pdf

ICL, *La fertirrigazione con acqua dura e acqua dolce*, 4/07/2022 (ultima consultazione 22/06/2023) https://icl-sf.com/it-it/article/la-fertirrigazione-con-acqua-dura-o-acqua-dolce/

Irrigazione Veneta, *Impianti di fertirrigazione*, (ultima consultazione 22/06/2023) https://www.irrigazioneveneta.com/project/impianti-di-fertirrigazione/#:~:text=Gli%20impianti%20di%20fertirrigazione%20consistono,alla%20pulizia%20dell'impianto%20stesso

J.S. Boyer 1982. *Plant productivity and environment*, (1982) Science, pagg. 218, 443-448

R. Zurru, M. Mulas, F. Piras (2008). *La coltivazione dell'uva da tavola in ambiente mediterraneo* AGRIS Sardegna pp.139-156

M. Fregoni, *Viticoltura di qualità,* La Feltrinelli (2013)

N. Kunert, *Configuration of the sap flow measurement* (ultima consultazione 26/05/2023) https://www.researchgate.net/figure/Configuration-of-the-Granier-system-for-sap-flow-measurement-Each-probe-contains-a_fig7_241012669

Sab SPA, *Filtri per irrigazione a goccia, disco o rete?* , 12/03/2020, (ultima consultazione 22/06/2023) https://www.sabspa.com/filtri-per-irrigazione-a-goccia-disco-o-rete/

Semios, *Dendrometri* , (ultima consultazione 25/05/2023) https://semios.com/it/our-hardware/dendrometers/

W. Biasi, C. Peratoner, P. Gasparinetti, T. Maschio, G. Teot, *Ali gocciolanti interrate per una moderna gestione del vigneto,* L'Informatore Agrario 47/2000

ZMR strumenti, *Sensori turgore fogliare-ZIM PROBE* (ultima consultazione 26/05/2023) http://www.gmrstrumenti.com/sensore-turgore-fogliare.html