

Progetto: Agricoltura di precisione: una risorsa ed una possibilità per le aziende della Puglia
Acronimo AgriPuglia

Modulo 0 Parte Generale Agricoltura di Precisione (Adp)

Incontro 1 'Impatti produttivi, economici, ambientali ed energetici dell'AdP'



Relatore: prof. Giuseppe Ferrara



REGIONE PUGLIA

Progetto realizzato con finanziamento della
Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018
"Avviso pubblico per la presentazione di Progetti
pilota per la promozione e lo sviluppo
dell'Agricoltura di Precisione

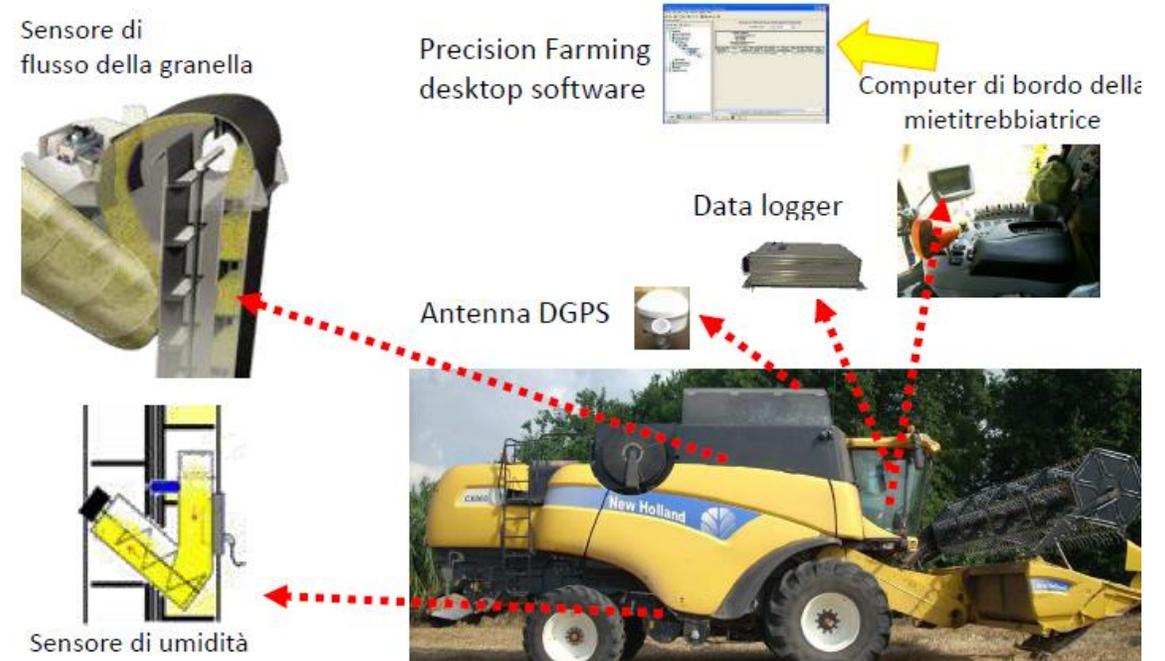


CHÈUVA

Agricoltura di precisione

«Sistema che fornisce gli strumenti fondamentali per fare la cosa giusta, nel posto giusto, al momento giusto»
(Pierce e Novak, 1999)

- Aumentare la resa e soprattutto la qualità della produzione agricola.
- Ottimizzare gli input (acqua, energia, fertilizzanti, prodotti fitosanitari).
- Ridurre le voci di spesa nel medio-lungo termine.
- Aumentare la competitività delle imprese e la sostenibilità ambientale.



Agricoltura di precisione

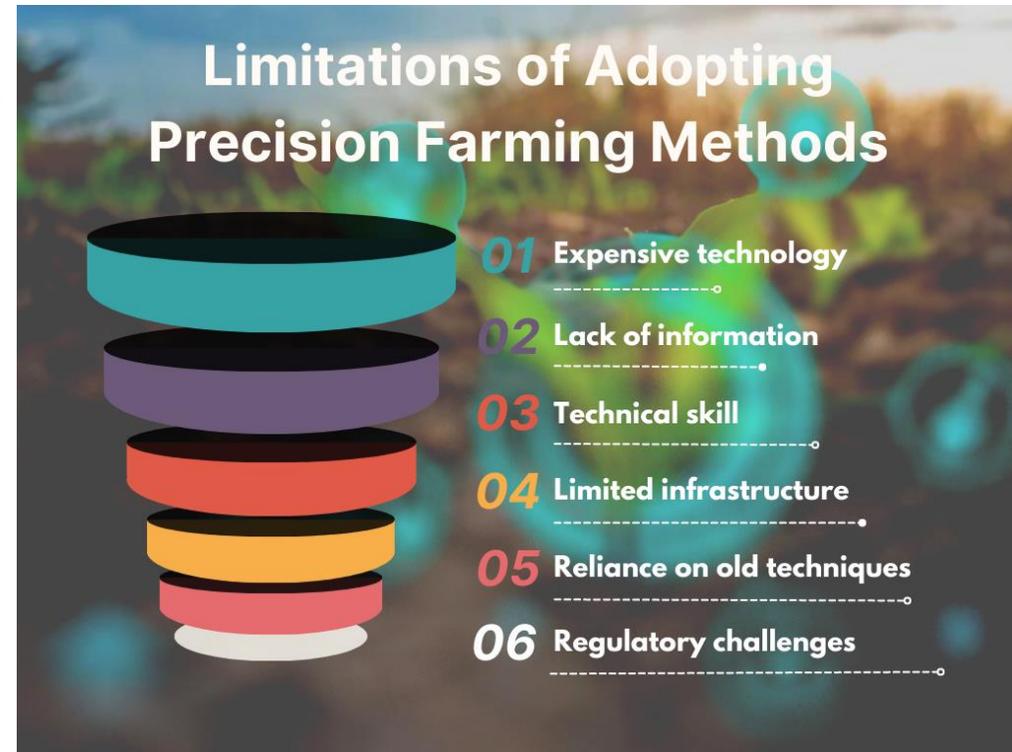
“Un sistema di coltivazione basato su **informazione** e produzione, disegnato per aumentare efficienza, produttività, qualità e resa economica sul lungo periodo per siti specifici, per l'intero sistema produttivo, minimizzando l'impatto sull'ambiente”.



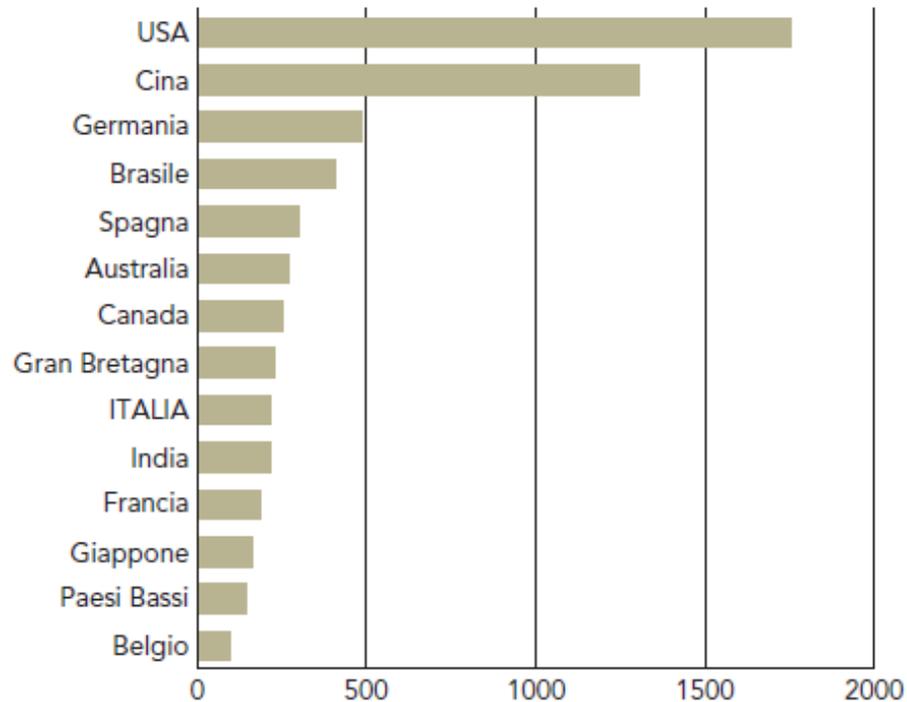
Limiti alla diffusione dell'agricoltura di precisione

L'uso dell'agricoltura di precisione viene limitato da una serie di fattori:

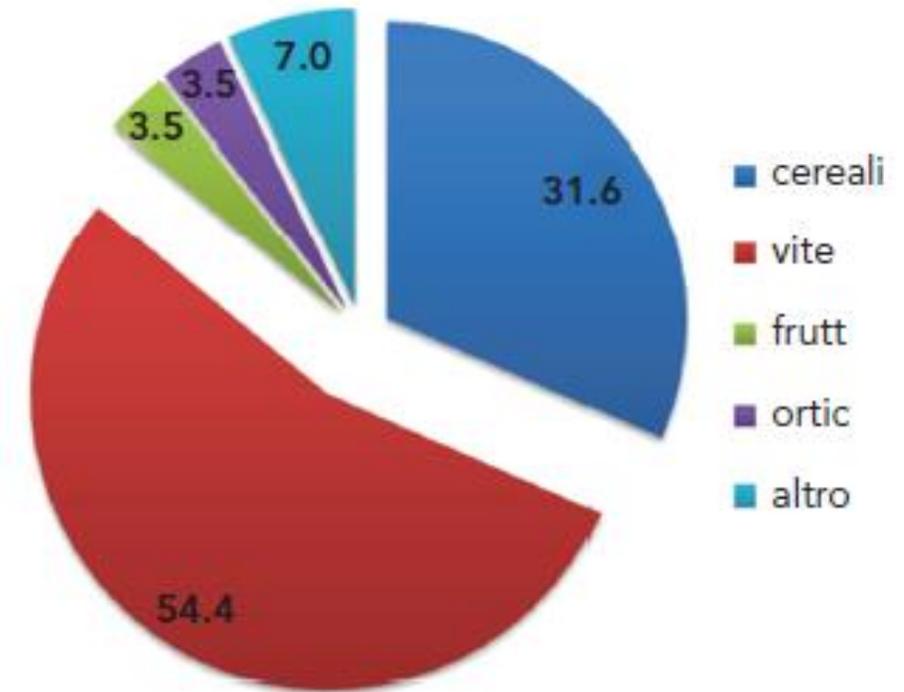
- Compatibilità tra le diverse componenti elettroniche.
- Esperienza e competenza degli imprenditori.
- Personale qualificato.
- Disponibilità di risorse economiche.
- Dimensione aziendale.
- Localizzazione geografica.
- Caratteristiche pedo-ambientali.



Diffusione dell'agricoltura di precisione



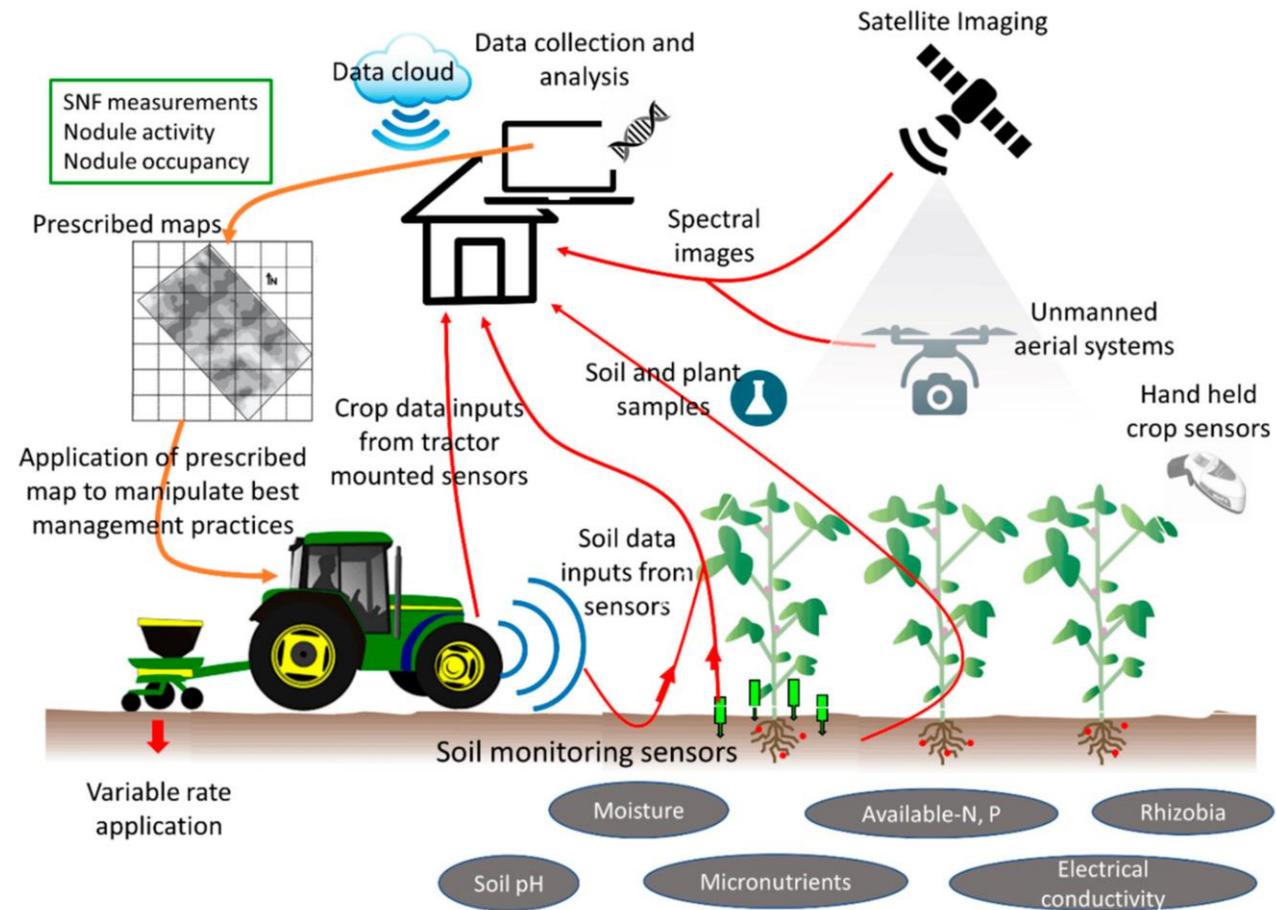
Numero totale di pubblicazioni scientifiche sull'AdP estratte dal database bibliografico Scopus (Elsevier) mediante i termini di ricerca "precision agriculture" e "precision farming" per il periodo 1990-2015



Pubblicazioni scientifiche AdP prodotte in Italia nel periodo 1990-2015 suddivise per tipologia di coltura (CREA, 2016)

Viticoltura di precisione

In un momento particolarmente difficile per il comparto viticolo, la digitalizzazione gioca un ruolo fondamentale per rendere l'agricoltura più competitiva, sostenibile e resiliente. Il **digital farming** sta portando all'introduzione di concetti nuovi e modalità di lavoro innovative per rispondere in modo più preciso ed efficace alle sfide del settore e alla sostenibilità ambientale richiesta dai consumatori, passando per la gestione delle risorse e la riduzione degli sprechi.



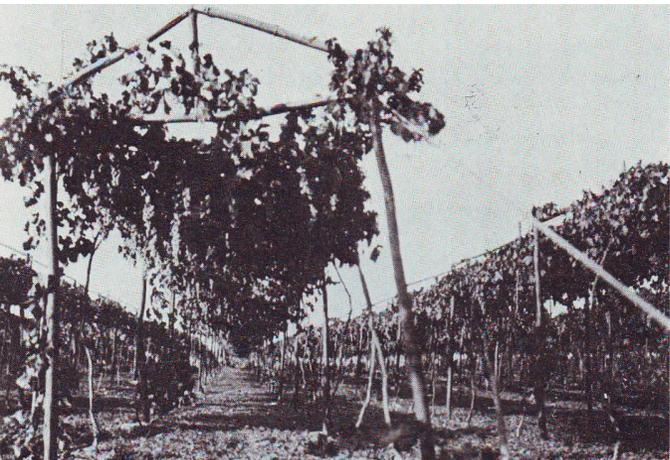
Malinda et al., 2018

Viticoltura di precisione

Un approccio alla gestione del processo produttivo agricolo che consenta di “fare la cosa giusta, al momento giusto, al punto giusto” (Gebbers e Adamchuk, 2010).



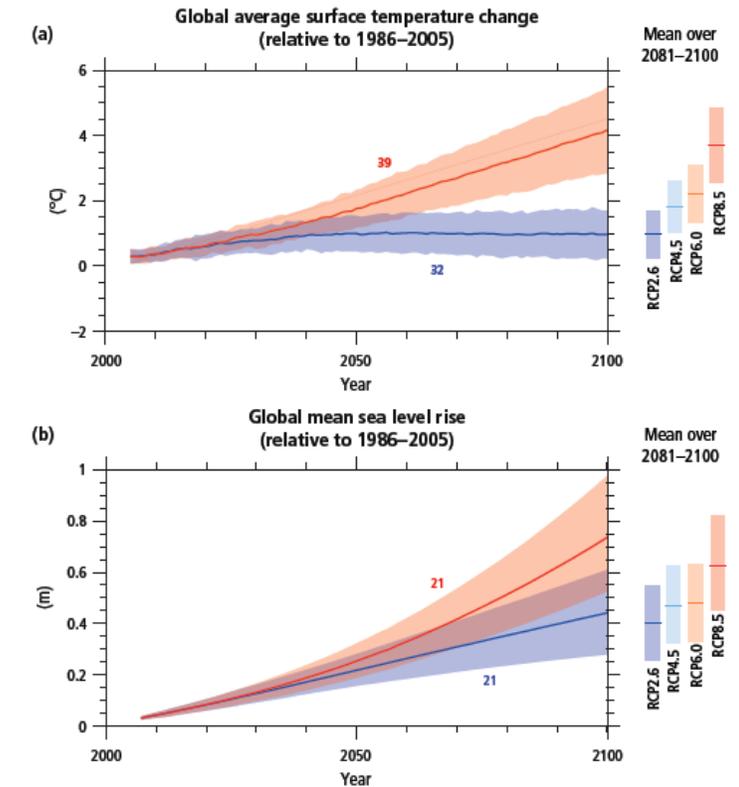
Da viticoltura (di precisione)...a viticoltura di precisione!



Gli scenari

Per il Quinto Rapporto di Valutazione dell'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), sono stati definiti quattro nuovi scenari, indicati “Representative Concentration Pathway” (RCP). Il sesto rapporto IPCC indica molto probabile un incremento di 1,5 °C.

Nome	Forzante	CO ₂ equiv. (ppm)	Anomalia T (°C)
RCP2.6	3 W/m ² prima del 2100, decremento a 2.6 W/m ² dopo il 2100	490	1.5
RCP4.5	4.5 W/m ² dopo il 2100	650	2.4
RCP6	6 W/m ² dopo il 2100	850	3.0
RCP8.5	8.5 W/m ² dopo il 2100	1370	4.9



IPCC, 2024

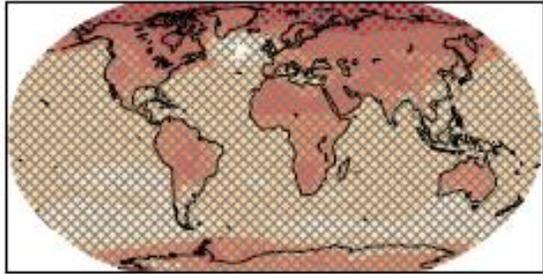
Gli scenari

Dall'epoca pre-industriale le attività umane hanno determinato un incremento di 1 °C. Alle condizioni attuali la temperatura media subirà un incremento di 1,5 °C tra il 2030 ed il 2052.

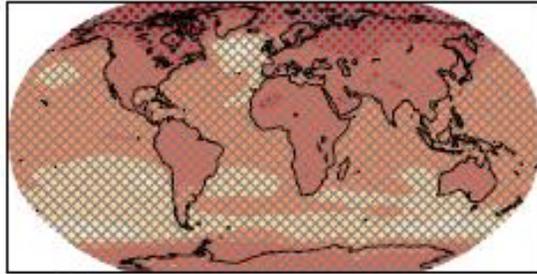
Tutto ciò significa eventi termici e piovosi estremi, con innalzamento del livello dei mari.

Molte aree sottoposte a situazioni di carenze idriche prolungate.

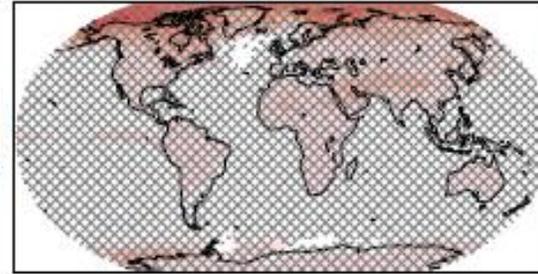
Mean temperature change at 1.5°C GMST warming



Mean temperature change at 2.0°C GMST warming



Difference in mean temperature change (2.0°C - 1.5°C)



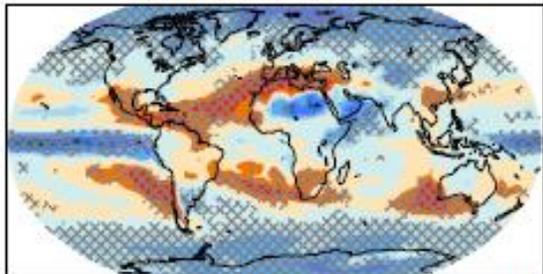
Temperature (°C)



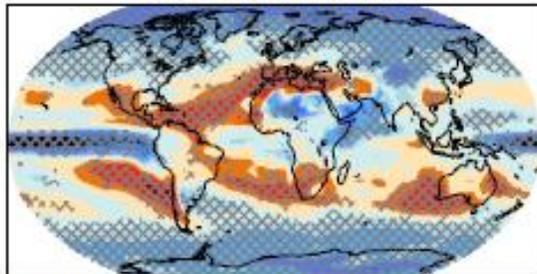
Temperature (°C)



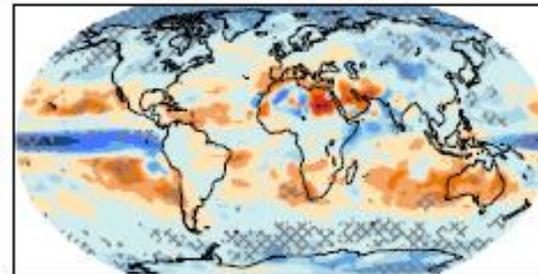
Mean precipitation change at 1.5°C GMST warming



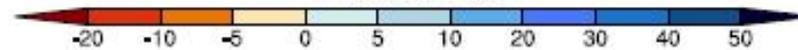
Mean precipitation change at 2.0°C GMST warming



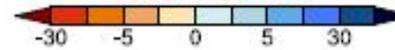
Difference in mean precipitation change (2.0°C - 1.5°C)



Precipitation (%)

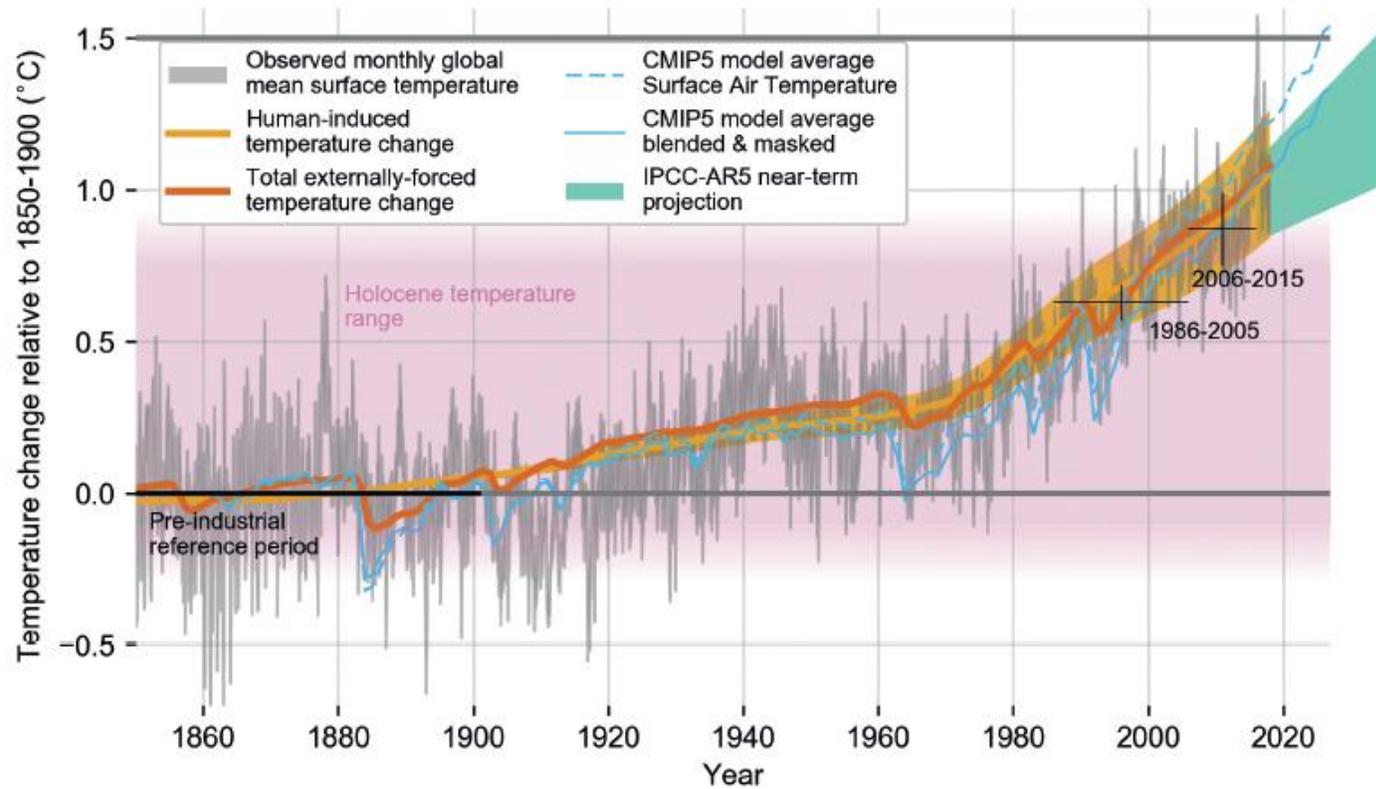


Precipitation (%)

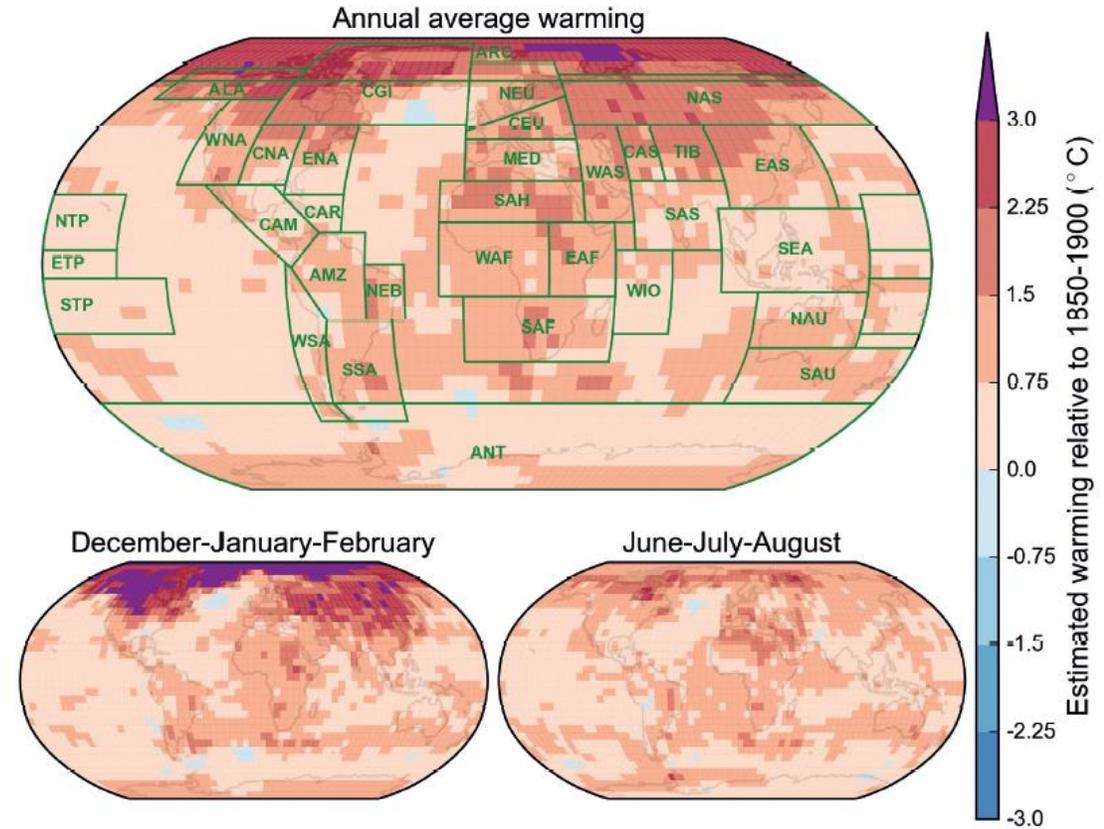


IPCC, 2024

Possibili conseguenze

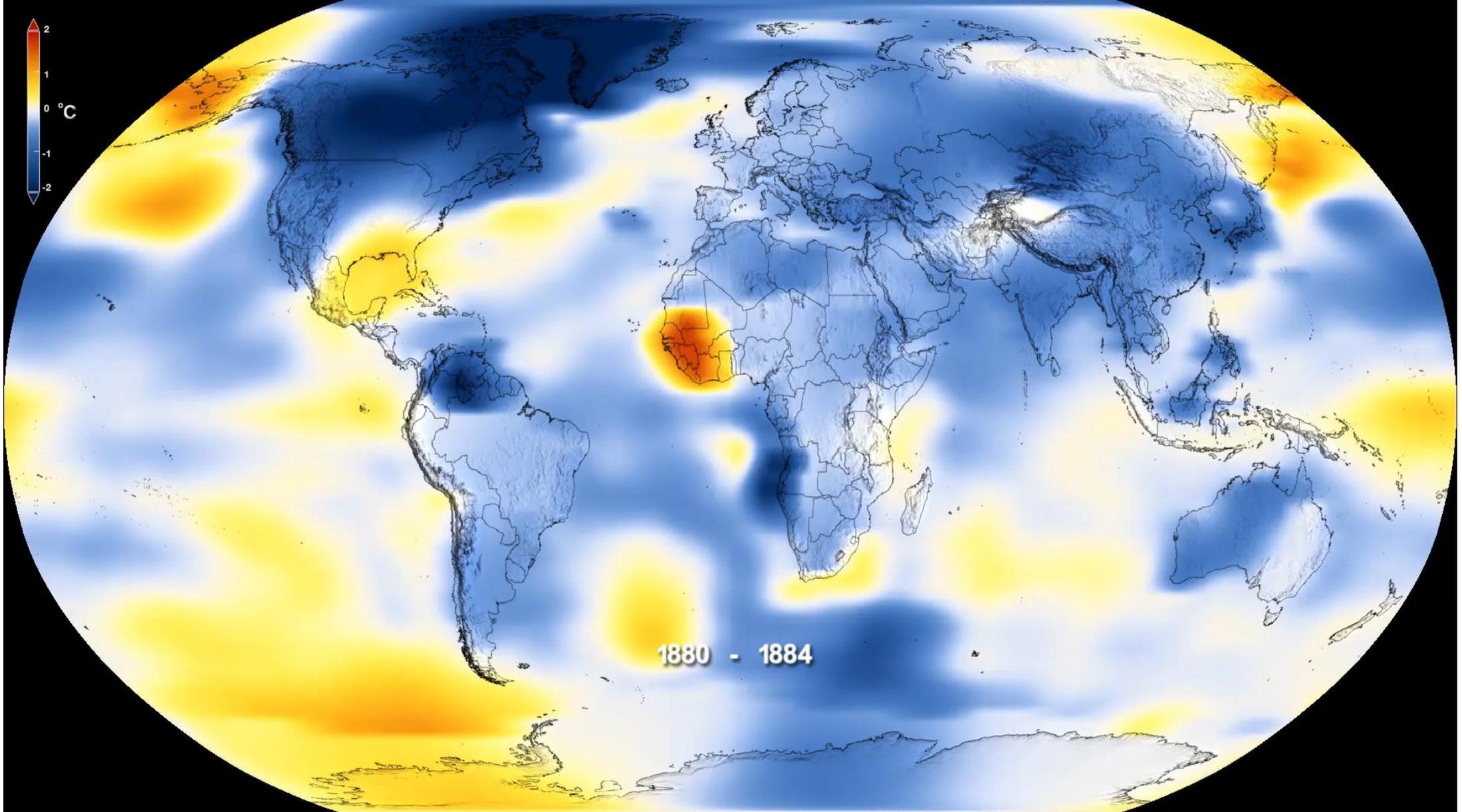


Regional warming in the decade 2006-2015 relative to preindustrial



► Conseguenze drammatiche sulla fisiologia delle piante

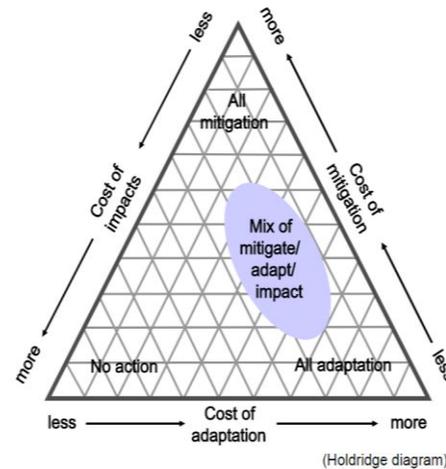
IPCC, 2024



La risposta ai cambiamenti

Mitigazione

- ▶ Politiche, strategie e misure che si possono mettere in campo per ridurre le emissioni di gas a effetto serra (macchinari elettrici, pannelli fotovoltaici, riuso dei materiali, etc.).



Adattamento

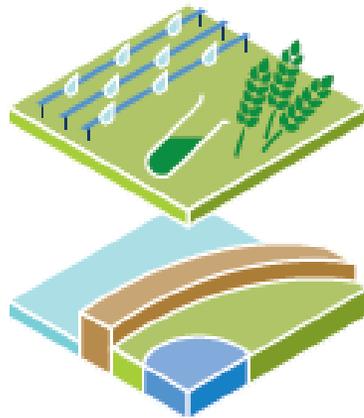
- ▶ Processo di adeguamento al clima (colture, protezioni, tecnologie, etc.).
- ▶ Cercare di limitare o evitare danni e/o sfruttare le opportunità favorevoli (uso idrico razionale, vasconi di raccolta, etc.).

Integrare nel modo più efficace ed efficiente mitigazione e adattamento che offrono due soluzioni diverse, ma complementari allo stesso problema.

La risposta ai cambiamenti

ADAPTATION

Responding to and preparing for the impacts of climate change



Improved infrastructure, i.e. efficient irrigation systems to deal with drought

Flood protection and safeguarding of fresh water supply



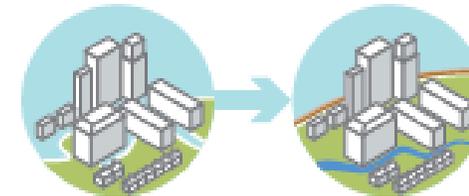
TRANSFORMATIONAL ADAPTATION

Deep, systemic change that requires reconfiguration of social and ecological systems

Alternative lifestyles and employment
Changes to farming, e.g., diversifying crops, strengthening links to market

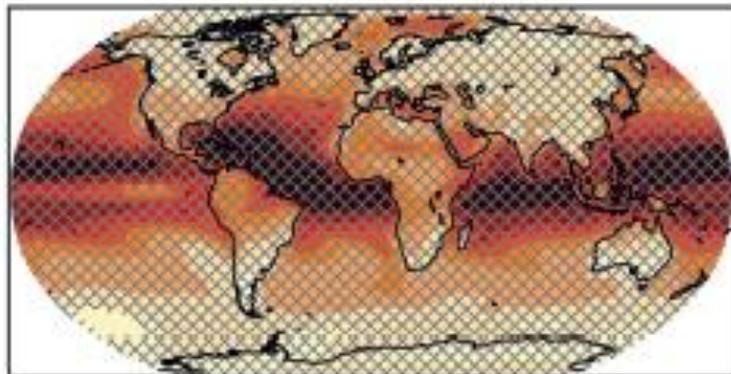


New city planning to safeguard people and infrastructure



Minori disponibilità idriche

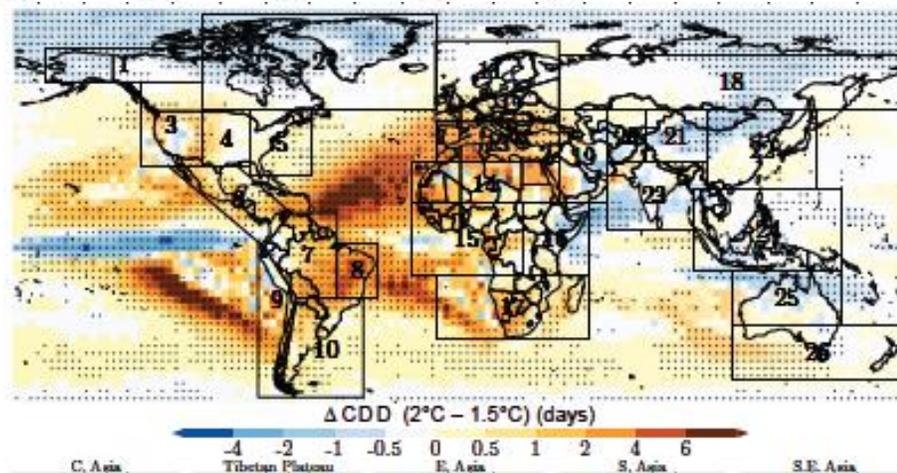
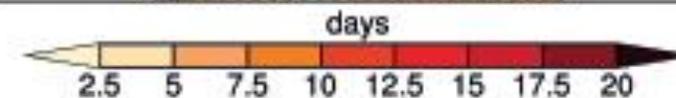
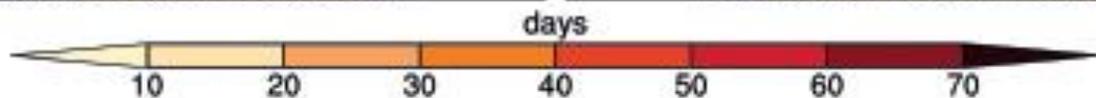
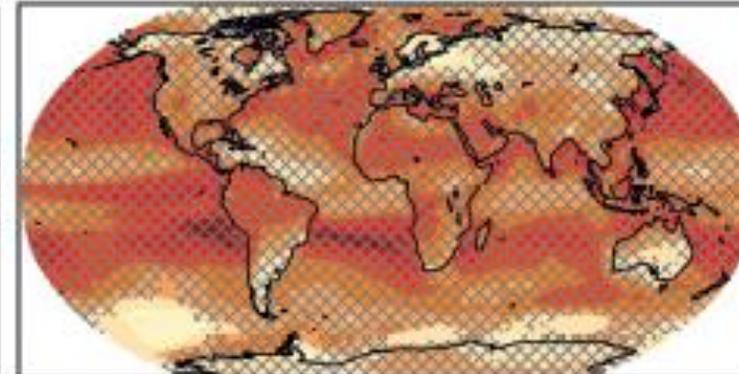
Change in number of hot days (NHD) at 1.5°C GMST warming



Change in number of hot days (NHD) at 2.0°C GMST warming



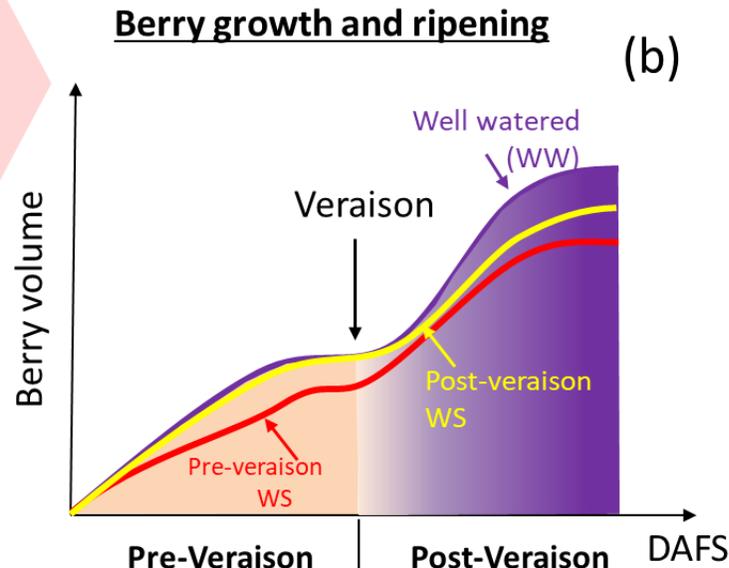
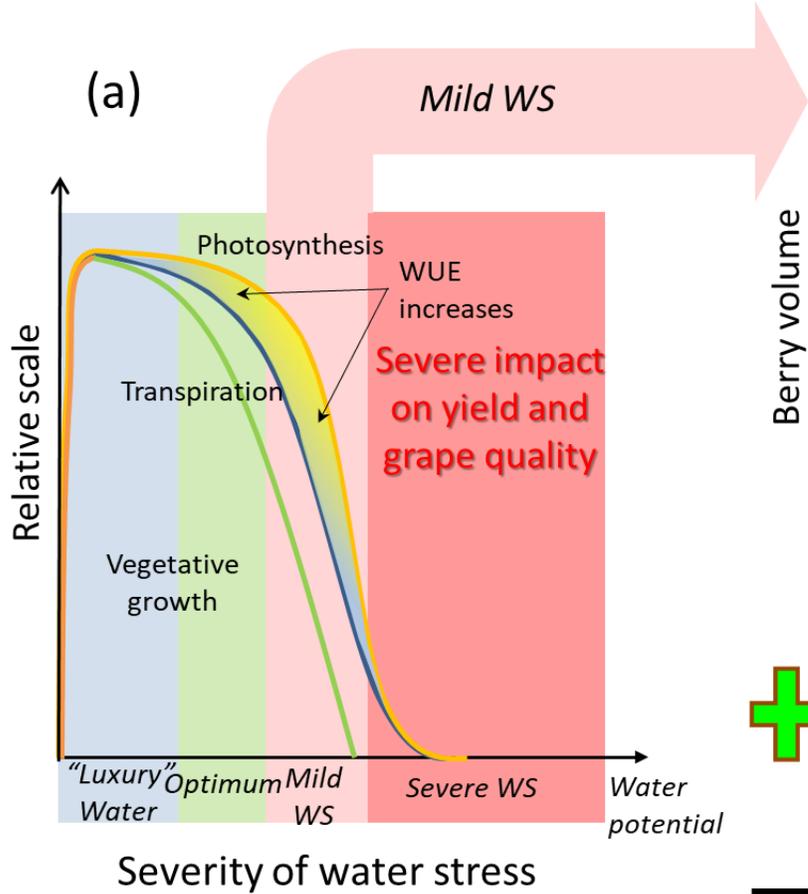
Difference in number of hot days (2.0°C – 1.5°C)



Consecutive Dry Days

IPCC, 2024

Effetti dello stress idrico



Pre-Veraison	Post-Veraison
TSS Monoterpenes Flavonols Anthocyanins (?)	Anthocyanins Carotenoids pH, Amino Acids, Norisoprenoids, Terpenes, TSS
Tartaric acid pH, Pro-anthocyanidins	Pro-anthocyanidins
Fruit set & Yield Malic acid Methoxy-pyrazines	Yield Malic acid Methoxy-pyrazines

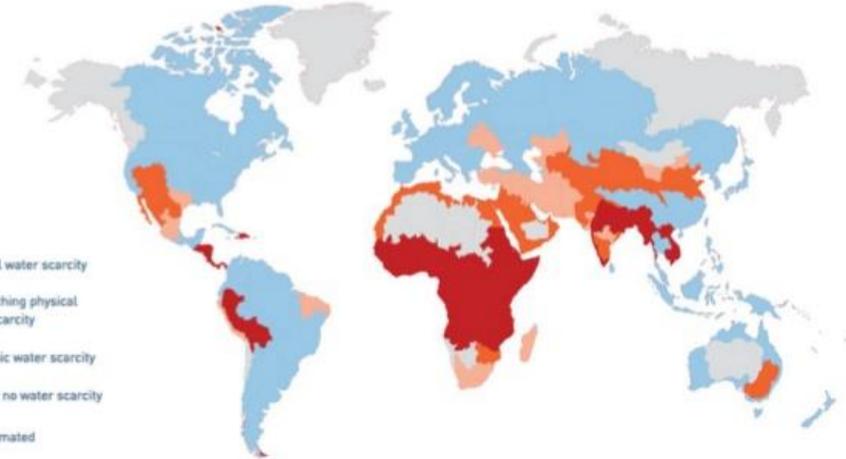


REGIONE PUGLIA

Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018 "Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione"

Water scarcity is a growing problem

Areas of physical and economic water scarcity



Shenggen Fan, April 2013

Source: FAO 2013

Poni et al., 2018

I benefici dell'agricoltura di precisione

▶ Impatti produttivi:

- ▶ Rese maggiori migliorando l'efficienza.
- ▶ Qualità del prodotto finale.
- ▶ Tracciabilità della filiera.

▶ Impatti ambientali:

- ▶ Riduzione impiego di pesticidi.
- ▶ Riduzione impiego di carburanti.
- ▶ Impiego idrico più efficiente.
- ▶ Meno fertilizzanti.

▶ Impatti economici:

- ▶ Competitività aziendale.
- ▶ Apprezzamento del consumatore.
- ▶ Riduzione dei costi nel tempo.
- ▶ Risparmi nel medio lungo periodo

I benefici dell'agricoltura di precisione

Macchinari

Macchine intelligenti

Macchine verdi

- Vigneto considerato omogeneo
- Trattamenti basati su medie
- Applicazioni uniformi

Prodotti chimici

Processi smart

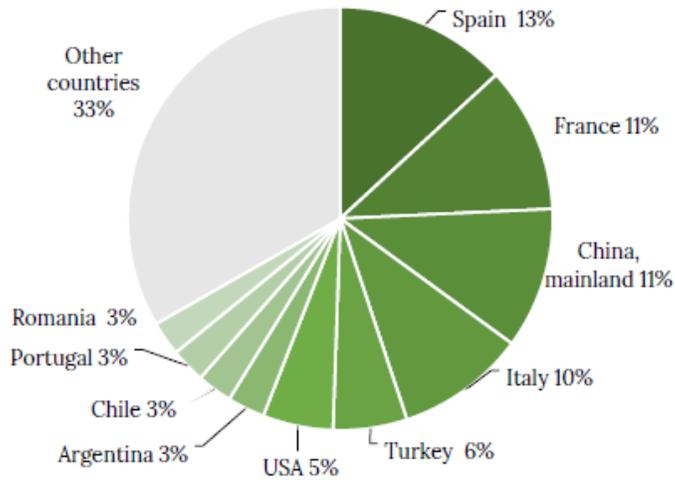
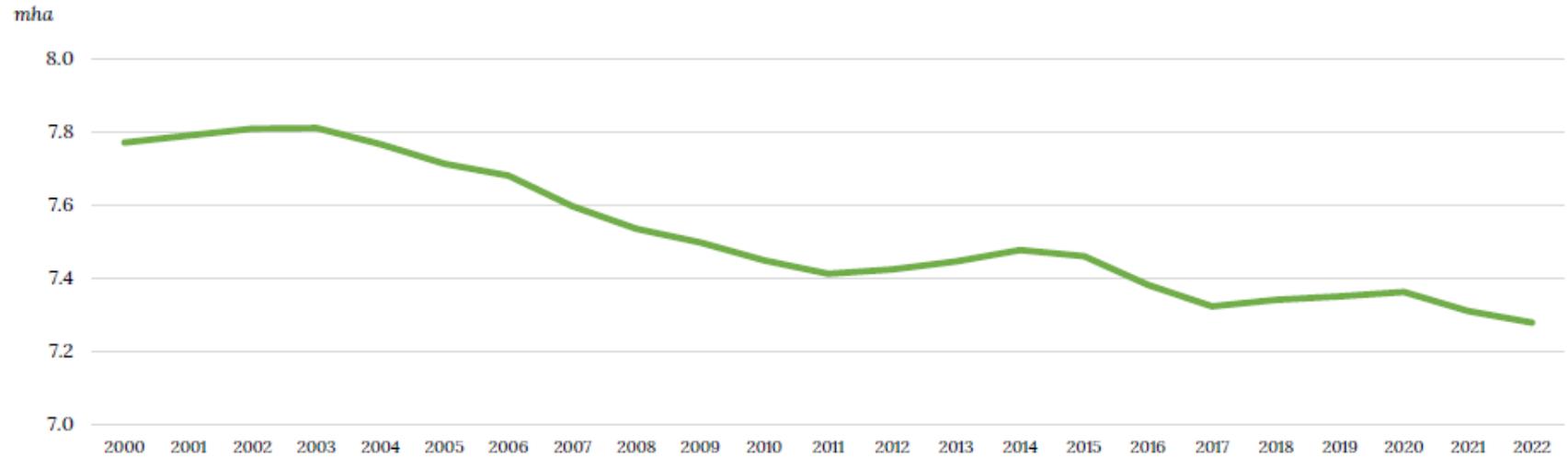
Ridotto impiego

- Vigneto suddiviso in zone
- Trattamenti basati sulle diverse zone
- Applicazioni guidate da GPS, GIS, etc.



Evoluzione superfici viticole

Evolution of world area under vines, 2000-2022



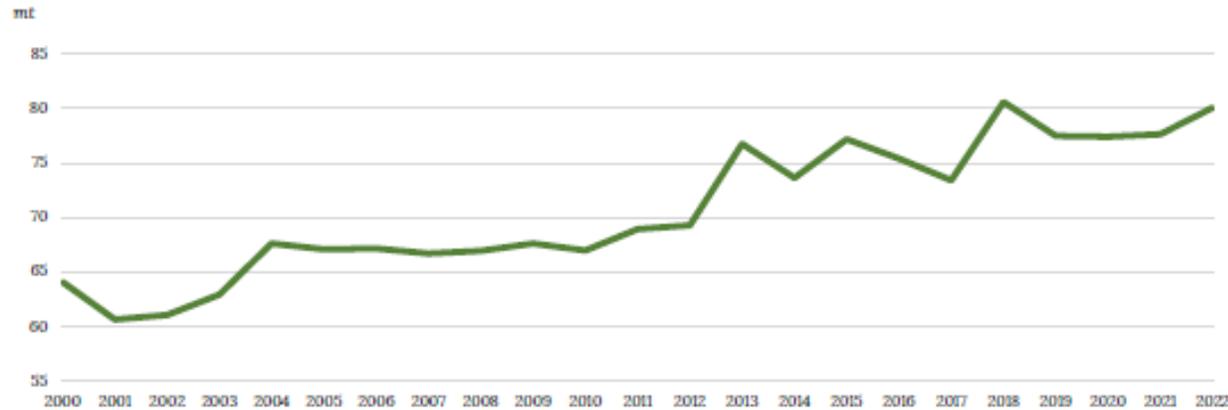
Vineyard surface area in major countries, 2000-2022



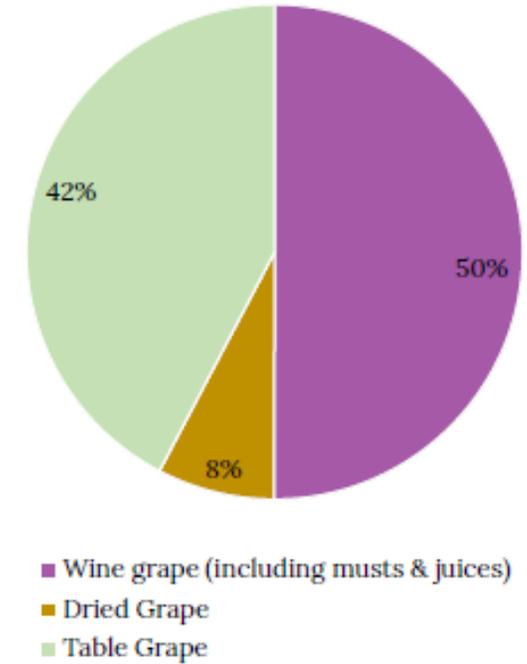
OIV, 2024

Evoluzione produzioni viticole

Evolution of global fresh grape production, 2000-2022



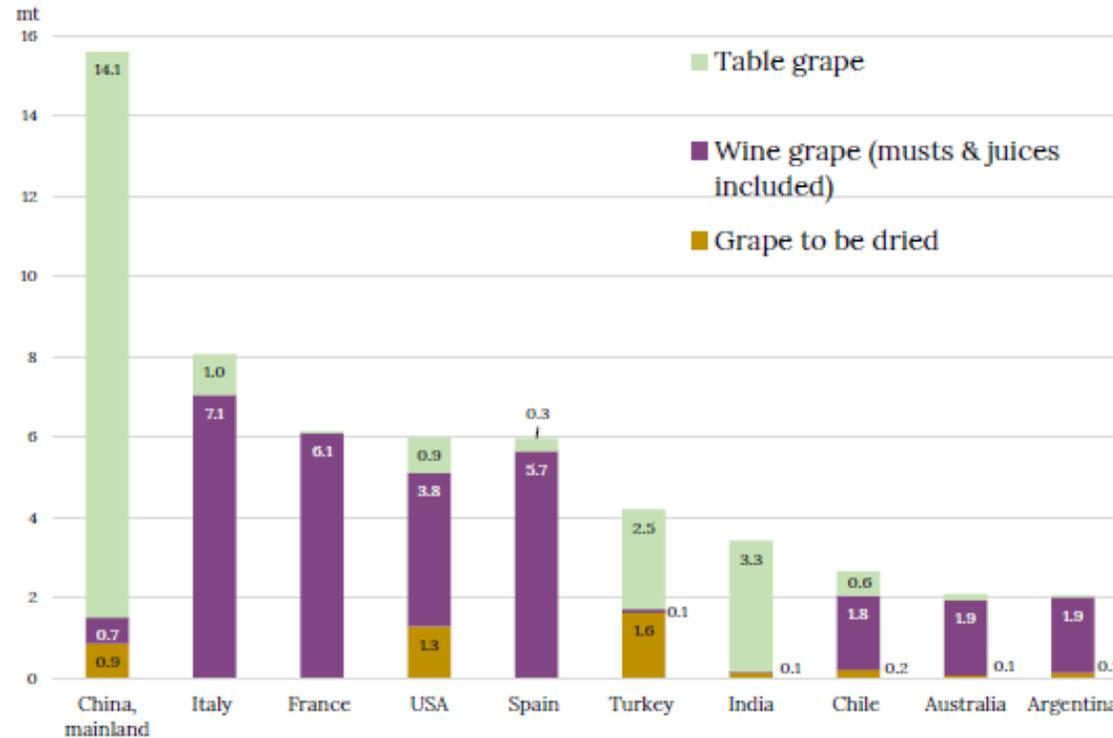
Breakdown of global fresh grape production 2022



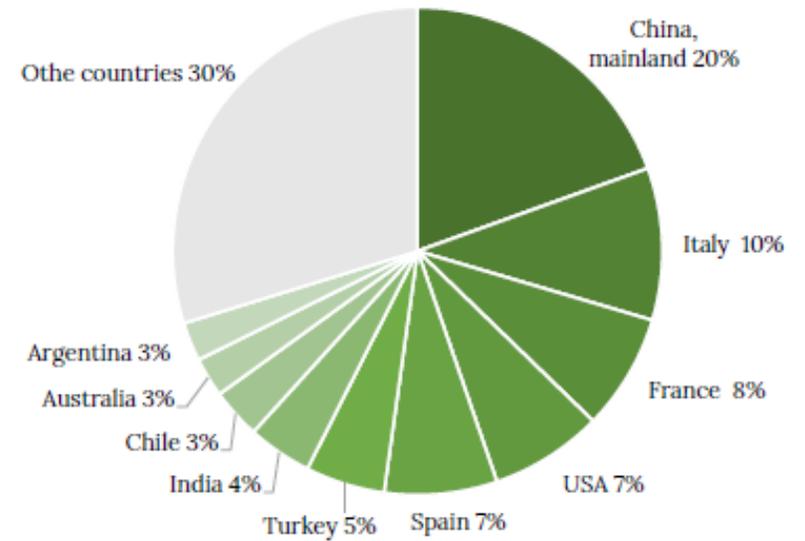
OIV, 2024

Evoluzione produzioni viticole

Fresh grape production in major countries in 2022



Breakdown of global fresh grape production 2022



OIV, 2024

Produzione di uva

Top 10 producers (mt)

Country	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
China, mainland	10.9	11.7	13.2	12.6	13.1	13.7	14.2	14.3	<i>14.9</i>	<i>15.6</i>
Italy	8.0	6.9	8.2	8.4	6.9	8.6	7.9	8.2	8.1	<i>8.1</i>
France	5.5	6.2	6.3	6.0	5.0	6.3	5.5	5.9	5.1	6.2
USA	7.8	7.1	6.9	7.0	6.7	6.9	6.2	5.4	6.1	6.0
Spain	7.4	6.1	6.0	6.3	5.0	6.9	5.4	6.5	5.3	6.0
Turkey	4.0	4.2	3.7	4.0	4.2	3.9	4.1	4.2	3.7	4.2
India	2.5	2.6	2.6	2.6	2.9	2.9	3.2	3.4	3.5	<i>3.4</i>
Chile	3.0	2.5	2.8	2.5	2.4	2.8	2.7	2.4	2.9	2.7
Australia	2.0	1.8	1.9	2.0	2.2	1.9	1.9	1.7	2.2	2.1
Argentina	2.9	2.7	2.5	1.9	2.1	2.7	2.6	2.1	2.4	2.1
Othe countries	<i>22.8</i>	<i>21.7</i>	<i>23.2</i>	<i>22.1</i>	<i>22.9</i>	<i>23.9</i>	<i>23.8</i>	<i>23.3</i>	<i>23.6</i>	<i>23.8</i>
World	<i>76.7</i>	<i>73.6</i>	<i>77.2</i>	<i>75.4</i>	<i>73.4</i>	<i>80.6</i>	<i>77.5</i>	<i>77.4</i>	<i>77.6</i>	<i>80.1</i>

OIV, 2024

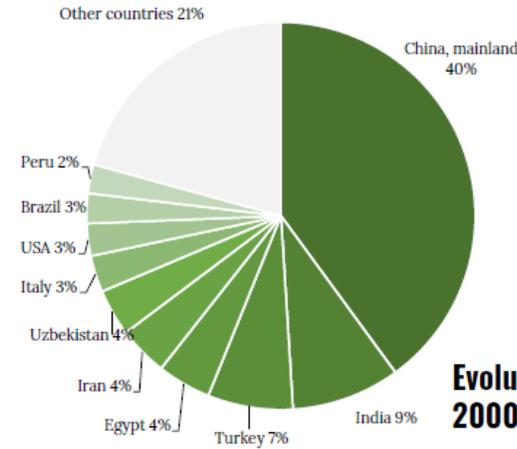
Figure in Italics: OIV estimate
Sources: OIV, FAO, National Statistical Offices

Evoluzione uva da tavola

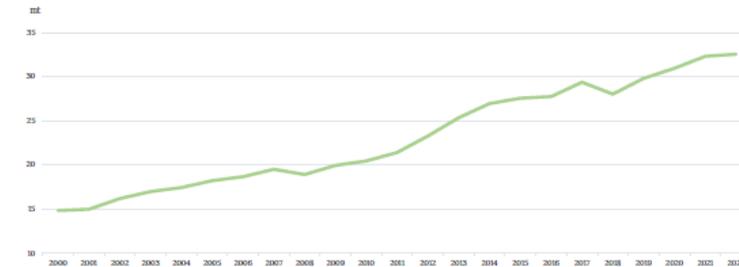
Evolution of global table grape production, 2000-2022



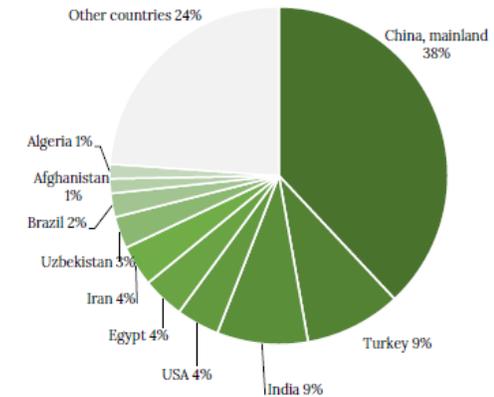
Breakdown of table grape production 2022



Evolution of global table grape consumption, 2000-2022



Breakdown of table grape consumption 2022



OIV, 2024

Evoluzione uva da tavola

Table grape production in major countries, 2000-2022

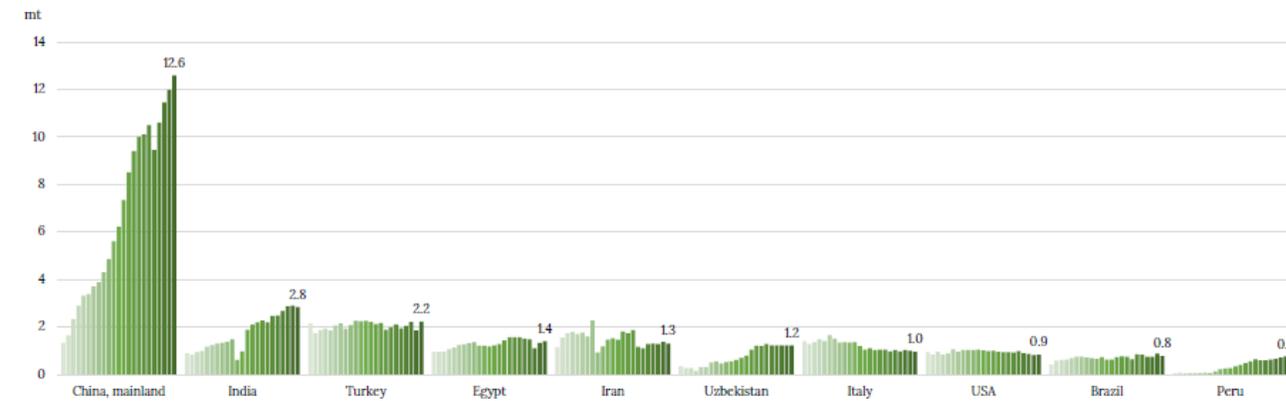
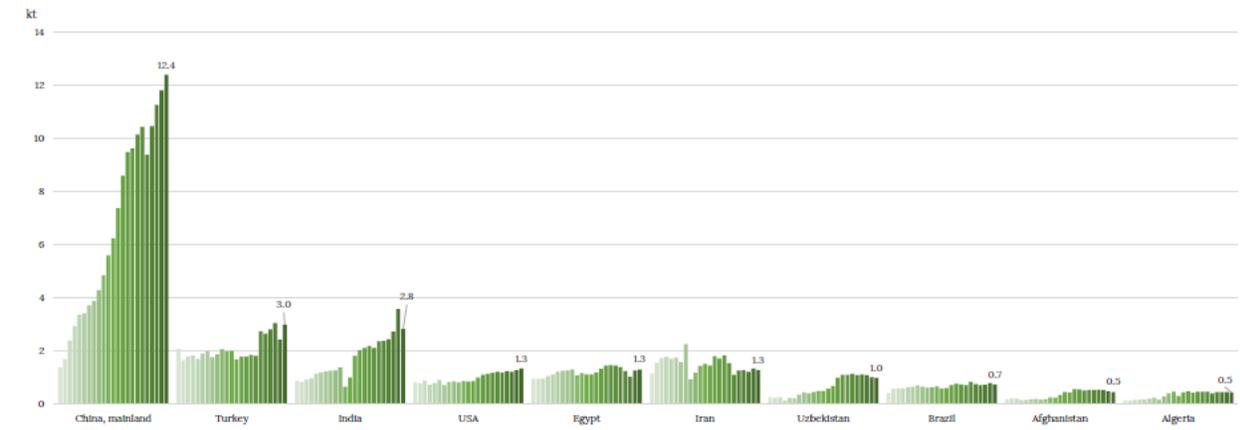


Table grape consumption in major countries, 2000-2022



OIV, 2024

Evoluzione produzione uva da tavola

Top 10 producers (mt)

Country	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
China, mainland	8.5	9.4	10.0	10.1	10.5	9.5	10.6	11.5	12.0	12.6
India	2.1	2.2	2.3	2.2	2.5	2.5	2.7	2.9	2.9	2.8
Turkey	2.1	2.2	1.9	2.0	2.1	1.9	2.1	2.2	1.9	2.2
Egypt	1.3	1.4	1.6	1.6	1.6	1.5	1.5	1.1	1.3	1.4
Iran	1.8	1.7	1.9	1.2	1.1	1.3	1.3	1.3	1.4	1.3
Uzbekistan	0.8	1.1	1.2	1.2	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Italy	1.1	1.0	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
USA	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	1.0	0.9	0.9	0.8	0.9
Brazil	0.7	0.8	0.7	0.6	0.9	0.8	0.7	0.8	0.9	0.8
Peru	0.4	0.5	0.6	0.7	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8
Other countries	6.1	5.9	6.0	5.9	5.9	5.9	6.3	6.4	6.4	6.5
World	26.0	27.1	28.2	27.5	28.4	27.3	28.9	29.9	30.6	31.5

OIV, 2024

Figure in Italics: OIV estimate
Sources: OIV, FAO, National Statistical Offices

Evoluzione consumo uva da tavola

Top 10 consumers (mt)

Country	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
China. mainland	8.6	9.5	9.6	10.2	10.4	9.4	10.5	11.3	11.8	12.4
Turkey	1.8	1.8	1.9	1.8	2.7	2.7	2.8	3.1	2.4	3.0
India	2.0	2.1	2.2	2.1	2.4	2.4	2.4	2.7	3.6	2.8
USA	1.0	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3	1.2	1.3	1.3
Egypt	1.2	1.3	1.5	1.5	1.5	1.4	1.2	1.0	1.3	1.3
Iran	1.8	1.7	1.8	1.5	1.1	1.3	1.3	1.2	1.3	1.3
Uzbekistan	0.7	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0
Brazil	0.7	0.8	0.7	0.7	0.8	0.8	0.7	0.7	0.8	0.7
Afghanistan	0.4	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Algeria	0.5	0.4	0.5	0.5	0.5	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5
Other countries	6.6	6.6	6.6	6.6	7.1	7.0	7.5	7.6	7.9	7.8
World	25.4	27.0	27.6	27.8	29.4	28.0	29.8	31.0	32.3	32.6

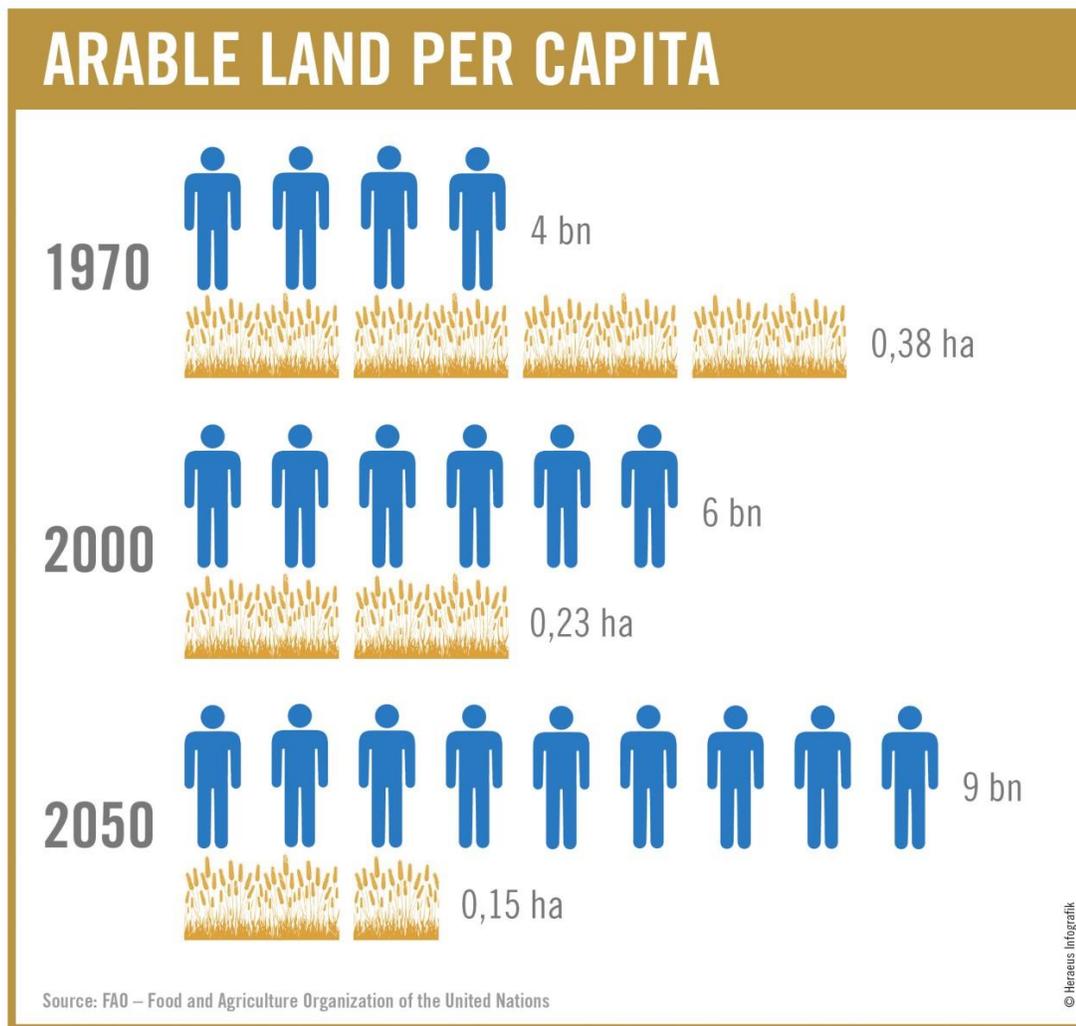
OIV, 2024

Figure in Italics: OIV estimate
Sources: OIV, FAO, National Statistical Offices

Superfici e produzioni in Italia

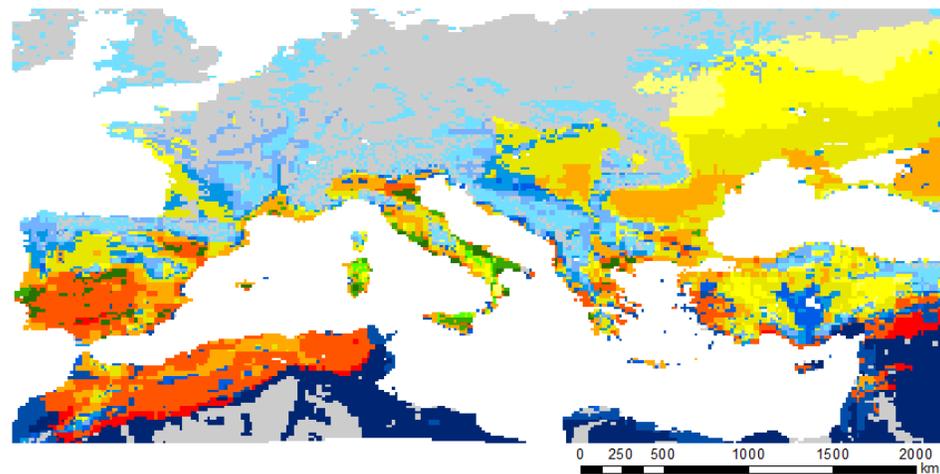
Selezione periodo		2021				2022			
Tipo dato		superficie totale - ettari	superficie in produzione - ettari	produzione totale - quintali	produzione raccolta - quintali	superficie totale - ettari	superficie in produzione - ettari	produzione totale - quintali	produzione raccolta - quintali
Tipo di coltivazione	Territorio	▲▼	▲▼	▲▼	▲▼	▲▼	▲▼	▲▼	▲▼
uva da tavola	Italia	47 549	47 019	10 410 319	10 146 567	47 583	47 248	10 103 977	9 662 59
	Piemonte	221	198	21 719	21 719	217	200	17 915	17 91
	Liguria	2	2	150	140	2	2	150	14
	Lombardia	16	16	765	765	13	12	675	67
	Trentino Alto Adige / Südtirol	85	78	7 465	7 465	81	74	7 442	7 44
	Veneto	67	67	16 810	16 800	75	75	18 750	18 75
	Friuli-Venezia Giulia	16	15	3 030	3 000	15	15	3 105	3 07
	Emilia-Romagna	21	18	2 268	2 268	27	21	2 756	2 75
	Toscana	55	51	7 990	7 745	51	46	6 891	6 46
	Umbria	11	11	800	800	11	11	800	80
	Marche	16	16	1 647	1 612	8	8	1 600	1 60
	Lazio	980	975	179 220	177 865	976	973	179 500	169 09
	Abruzzo	673	673	151 265	151 265	673	673	148 260	148 26
	Molise	60	60	6 000	6 000	45	45	4 950	4 95
	Campania	62	60	9 666	9 666	62	60	9 666	9 66
	Puglia	25 065	24 685	6 082 550	5 837 250	25 135	24 905	5 720 550	5 295 80
	Foggia	700	700	175 000	166 250	700	700	175 000	166 25
	Bari	11 100	10 950	2 150 000	2 100 000	11 100	11 000	2 150 000	2 110 00
	Taranto	8 100	8 000	2 400 000	2 240 000	8 200	8 200	2 050 000	1 700 00
	Brindisi	830	800	238 000	232 000	800	770	226 000	220 00
	Lecce	85	85	19 550	19 000	85	85	19 550	19 55
Barletta-Andria-Trani	4 250	4 150	1 100 000	1 080 000	4 250	4 150	1 100 000	1 080 00	
Basilicata	489	485	124 228	123 471	489	485	124 228	123 47	
Calabria	328	328	55 840	55 034	328	328	55 840	55 03	
Sicilia	18 821	18 720	3 713 784	3 698 580	18 816	18 756	3 777 280	3 773 08	
Sardegna	561	561	25 122	25 122	559	559	23 619	23 61	

Gli scenari futuri



Gli scenari futuri

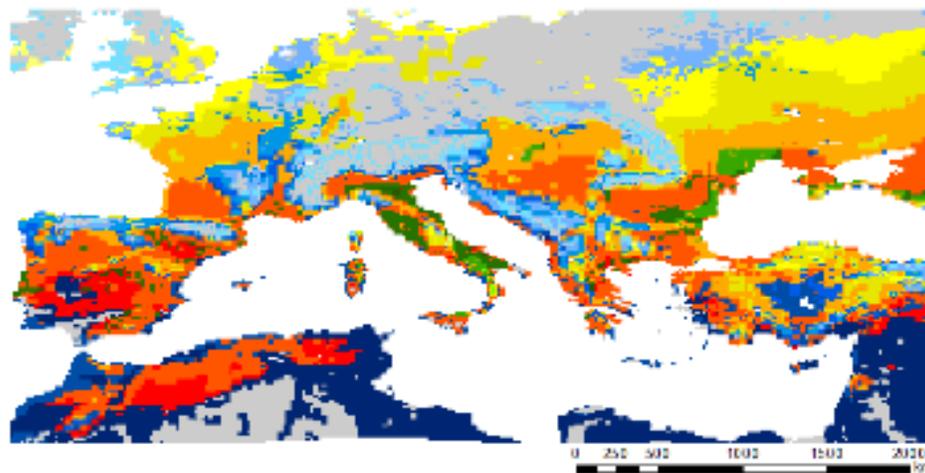
Vocazionalità attuale



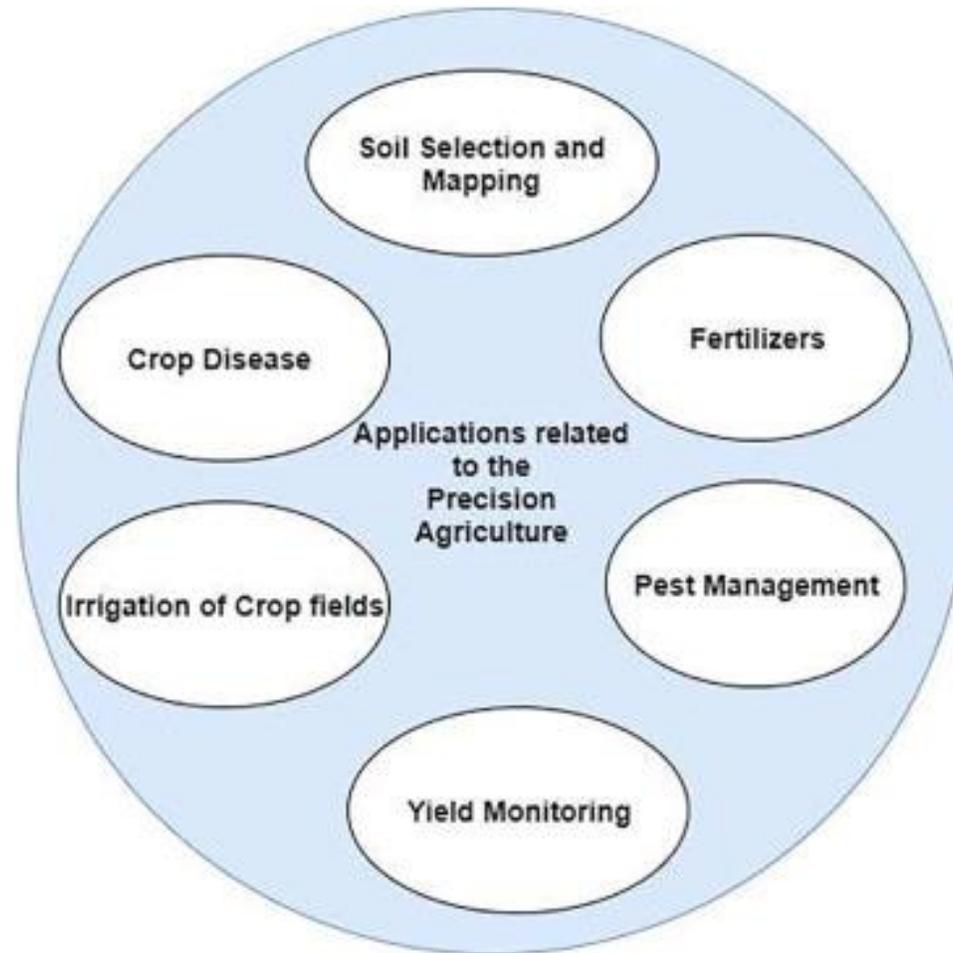
Legend

- S1 cool
- S1 temperate
- S1 temp- warm
- S1 warm
- S1 very warm
- S2 very cool
- S2 cool
- S2 temperate
- S2 temp- warm
- S2 warm
- S2 very warm
- S3 very cool
- S3 cool
- S3 temperate
- S3 temp- warm
- S3 warm
- S3 very warm
- N

Vocazionalità al 2050 - RCP 4.5



Le attuali applicazioni dell'agricoltura di precisione



Akhter and Sofi (2022)

Principali componenti dell'agricoltura di precisione



GIS (Geographical Information System)

- Fondamentale per estrarre informazioni sulla variabilità
- Permette di analizzare una zona sia per la sua completa natura geometrica sia per il suo totale contenuto informativo



GPS (Global Positioning System)

- Fornisce informazioni accurate sulla posizione
- Informazioni acquisite da una strumentazione di campo
- Fondamentale per identificare ogni zona del campo

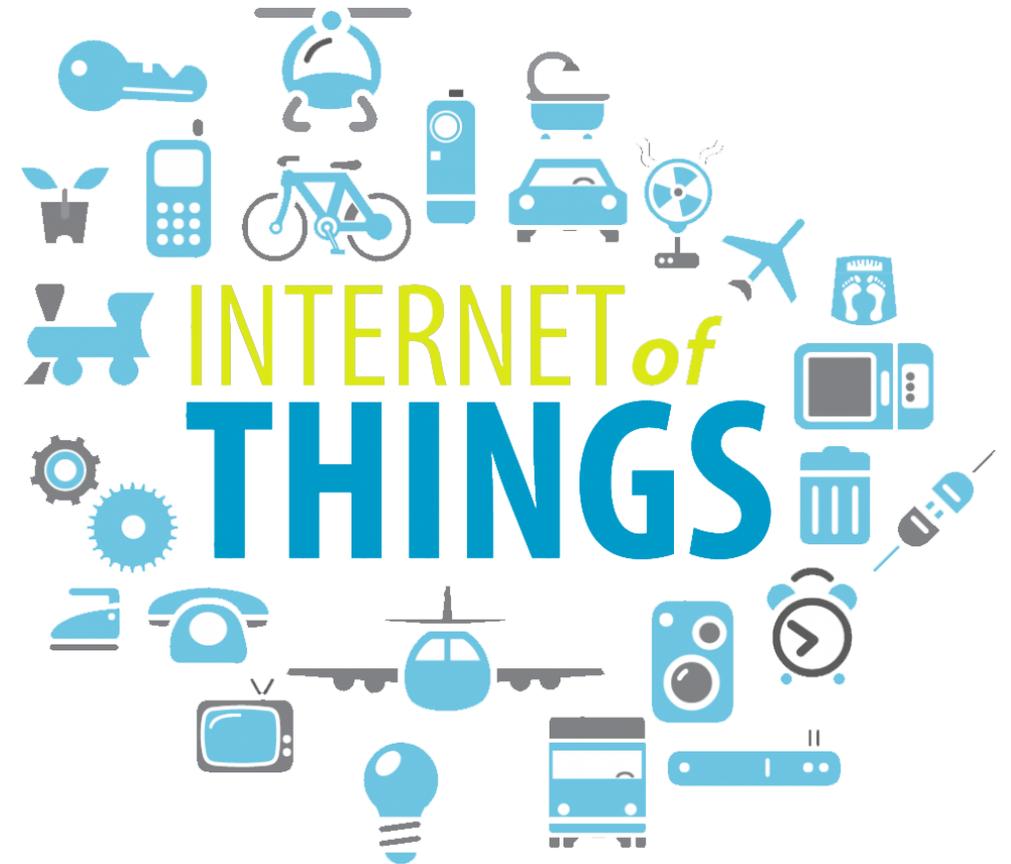


Remote sensins

- Satelliti (mappe di prescrizione)
- VRT (macchinari agricoli, etc.)
- Sensori vari

Le attuali applicazioni dell'agricoltura di precisione

- ▶ L'Internet of Things (IoT), o Internet delle Cose, è un neologismo riferito all'estensione di Internet al mondo degli oggetti e dei luoghi concreti.
- ▶ Attraverso chip e sensori inseriti al loro interno, gli oggetti sono in grado di interagire tra loro e con la realtà circostante.
- ▶ Così il mondo fisico può essere (quasi) interamente digitalizzato, monitorato e in molti casi virtualizzato.



I principali campi di applicazione

► Il suolo:

- Analisi.
- Monitoraggio dei nutrienti.
- Compatibilità pedo-colturale.
- GPS (semina, raccolta, etc.).

► Irrigazione:

- Il 97% dell'acqua disponibile è salina.
- Solo lo 0,5% è realmente disponibile per le piante.
- L'agricoltura consuma il 70% di questo 0,5%.
- IoT mediante sensori vari.

Impact of the problem (some case studies)

The inefficient use of available resources causes the following average income loss.

Country	France	Tunisia
Crop Type	Vegetables	Olives
Average income per hectare	8500 €	6540 €
Average size of holdings in hectares	10 Ha	5 Ha
Margin of inefficiency	30%	50%
Inefficiency cost (€) per hectare	2550 €	3270 €
Country Total size of irrigated area in hectares	400.000 Ha	66.500 Ha

Seabex, 2023

Akhter and Sofi (2022)



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018
*Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione



I campi di applicazione



► Nutrienti:

- Applicazione equilibrata dei fertilizzanti.
- Uso di immagini satellitari, droni (NDVI).
- VRT (Variable Rate Technology).

► Malattie:

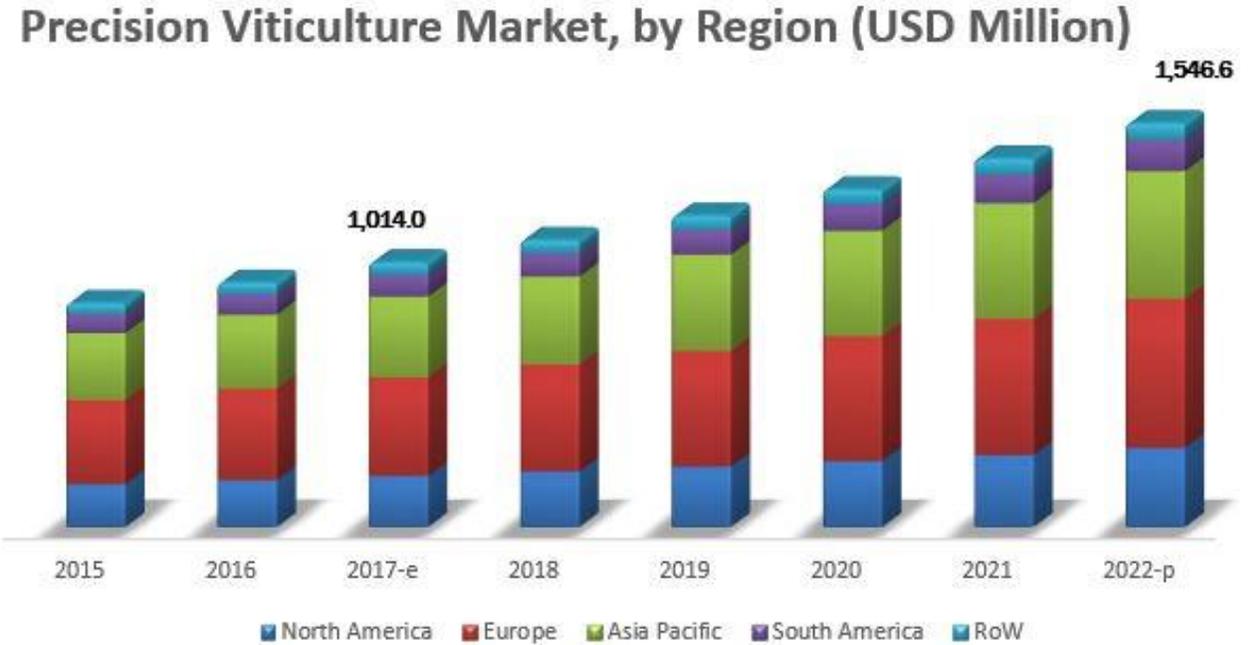
- I problemi fitosanitari creano gravi conseguenze economiche.
- Il 20-40% della produzione viene persa per problematiche fitosanitarie.
- Monitoraggio con sensori.
- Uso di droni.

LG seeds, 2023

Akhter and Sofi (2022)

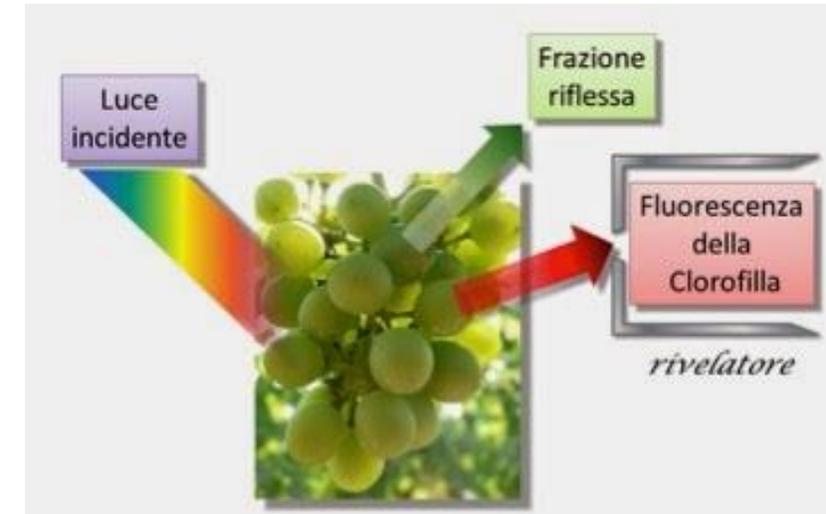
Gli obiettivi della viticoltura di precisione

- ▶ Ottimizzare la produzione e la qualità.
- ▶ Sostenibilità ambientale ed economica.
- ▶ Riduzione impiego delle risorse.
- ▶ Salvaguardia dell'ambiente.
- ▶ Qualità del prodotto finale.
- ▶ Tracciabilità della filiera.



Gli strumenti della viticoltura di precisione

- ▶ Sistemi di Guida assistita.
- ▶ Droni.
- ▶ Sistemi di monitoraggio dati da sensori.
- ▶ Sistemi per l'analisi spettrografica.
- ▶ Analisi Big Data/Elaborazione di modelli.
- ▶ Sistemi per il dosaggio variabile.



Rateo variabile

Irrigazione

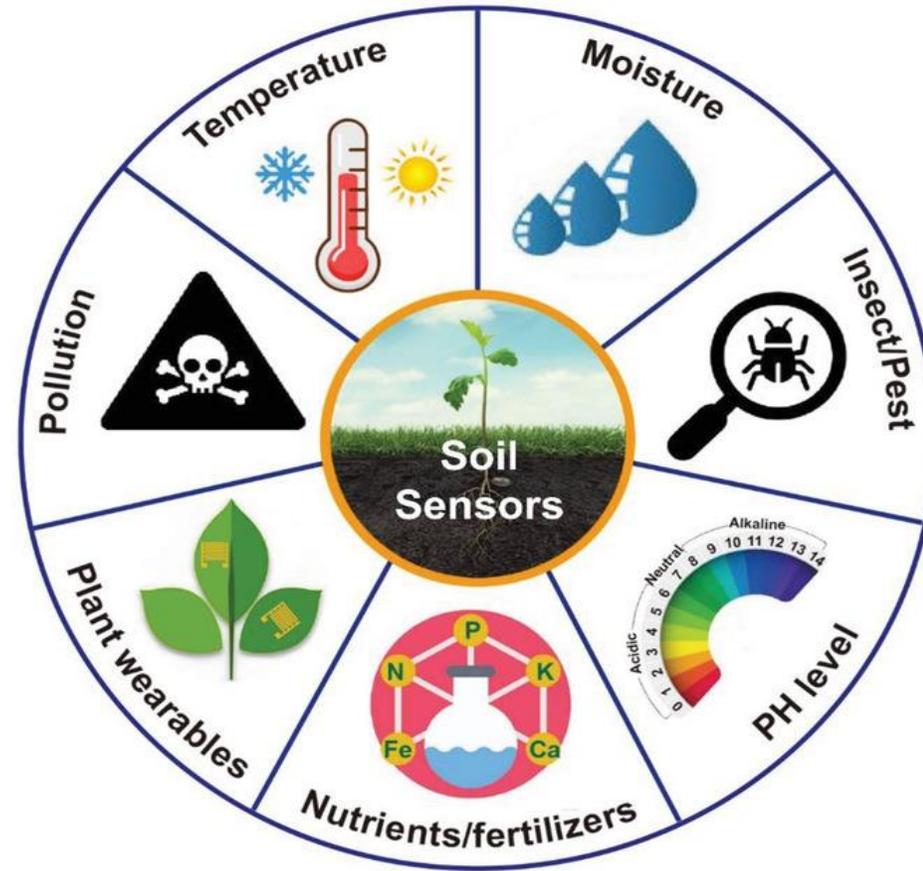
Nutrizione

Semina

Diserbo

Gli strumenti della viticoltura di precisione

► I sensori per il suolo



Yin et al. (2021)

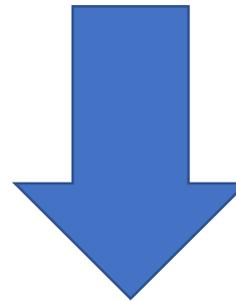
Gli strumenti della viticoltura di precisione

Il vigneto ed i sensori (e non solo...)

- Eterogeneità dei vigneti (caratteristiche pedo-climatiche, tecniche colturali, variabili climatiche, etc.)

- Sensori:

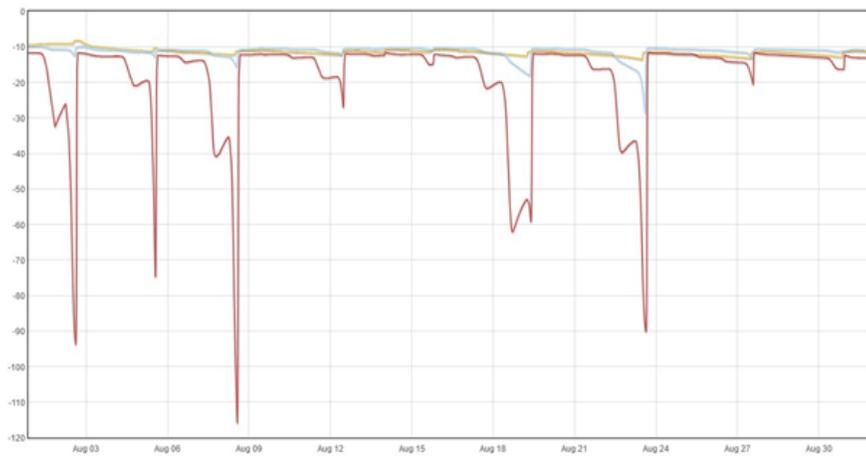
- Prossimali.
- Distali.



- Ottenere informazioni precise sul vigneto per descriverne la variabilità spaziale al fine di migliorarne la gestione (qualità, produzione, sostenibilità, etc.)

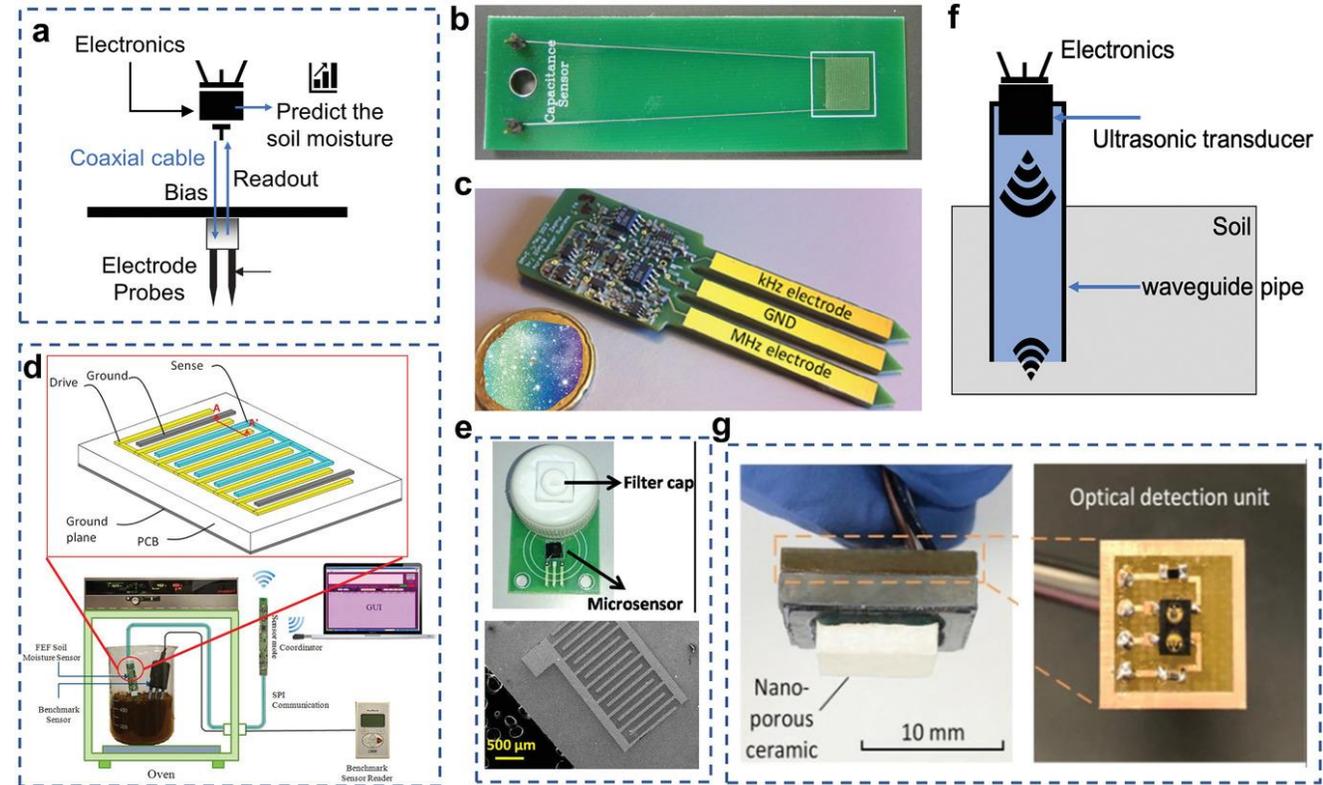
Gli strumenti della viticoltura di precisione

► Contenuto idrico



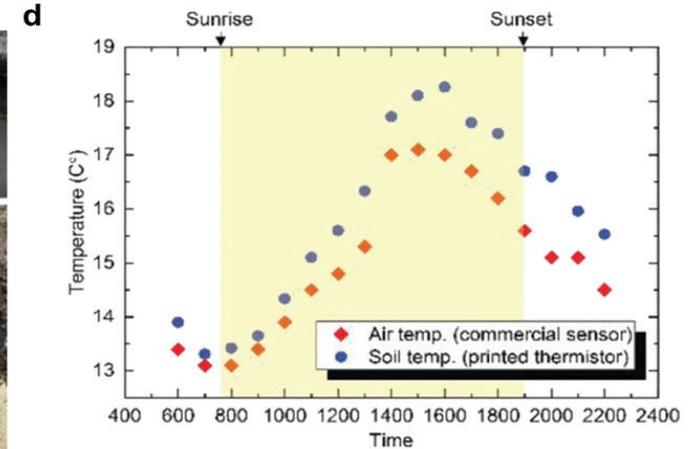
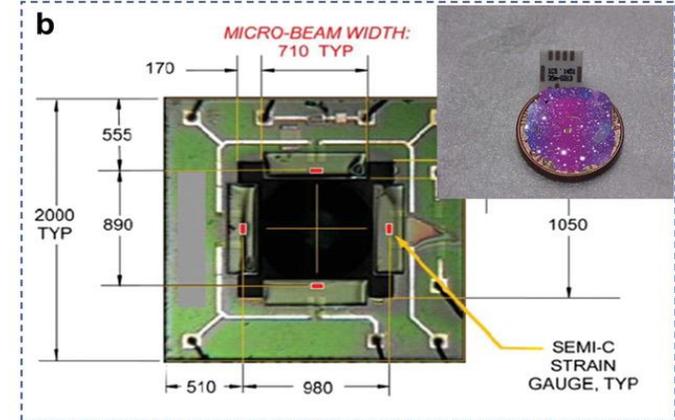
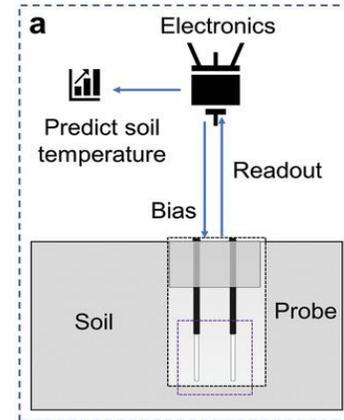
Tipo: Potenziale Matriciale
Periodo: Agosto

Giallo = FAS01 = ROSSO
Celeste = FAS02 = BLU
Rosso = FAS03 = ECO



Yin et al. (2021)

Gli strumenti della viticoltura di precisione



► Temperatura



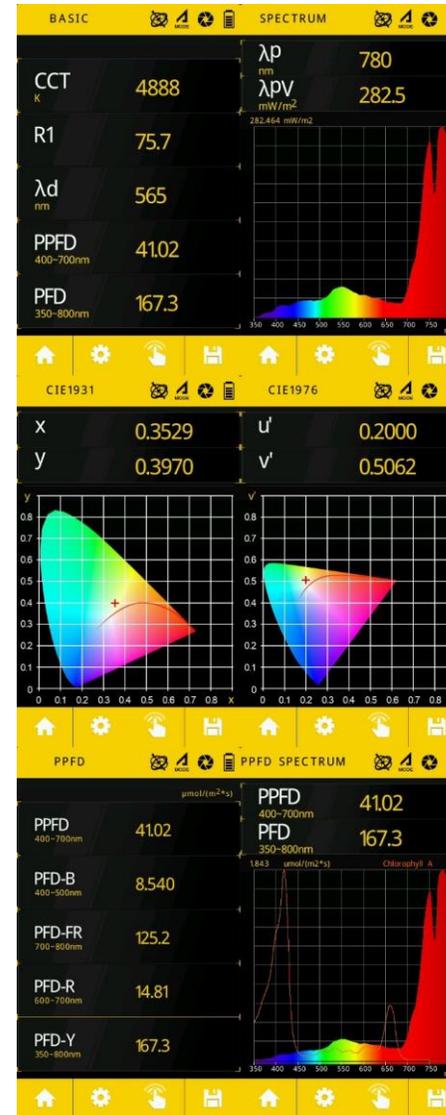
Tipo: Temperatura del suolo
Periodo: Agosto – inizio settembre

Giallo = FAS01 = ROSSO
Celeste = FAS02 = BLU
Rosso = FAS03 = ECO

Yin et al. (2021)

Gli strumenti della viticoltura di precisione

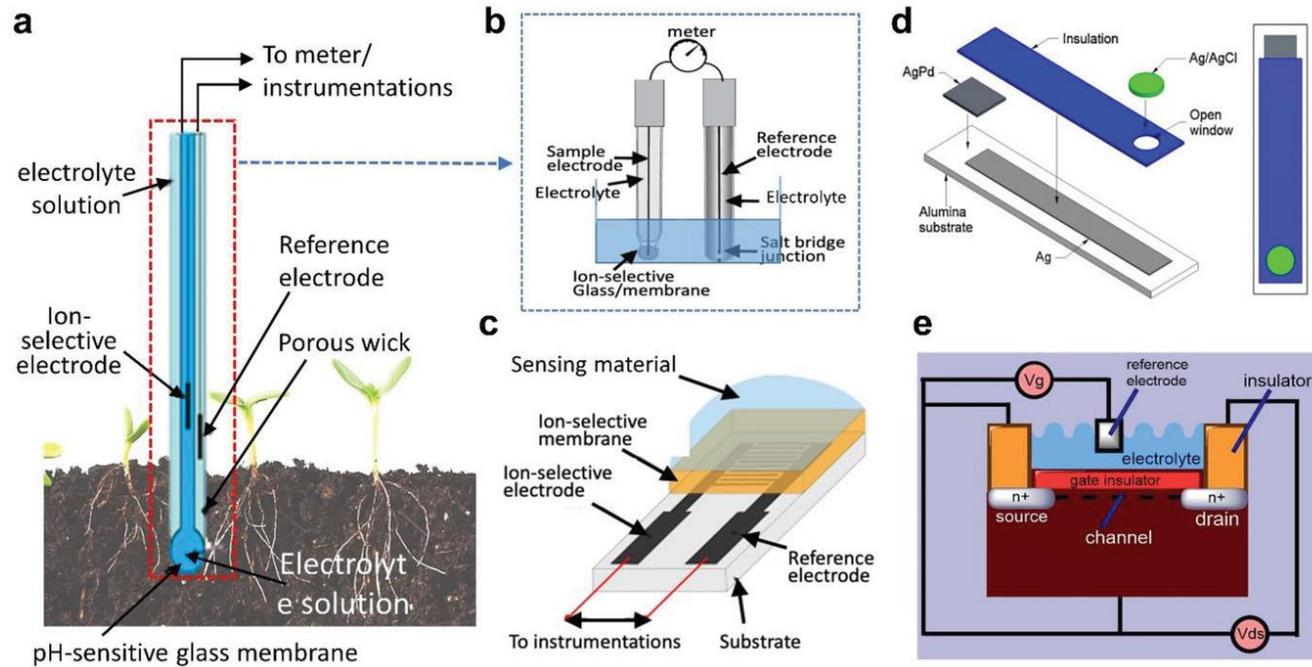
► Radiazione



Yin et al. (2021)

Gli strumenti della viticoltura di precisione

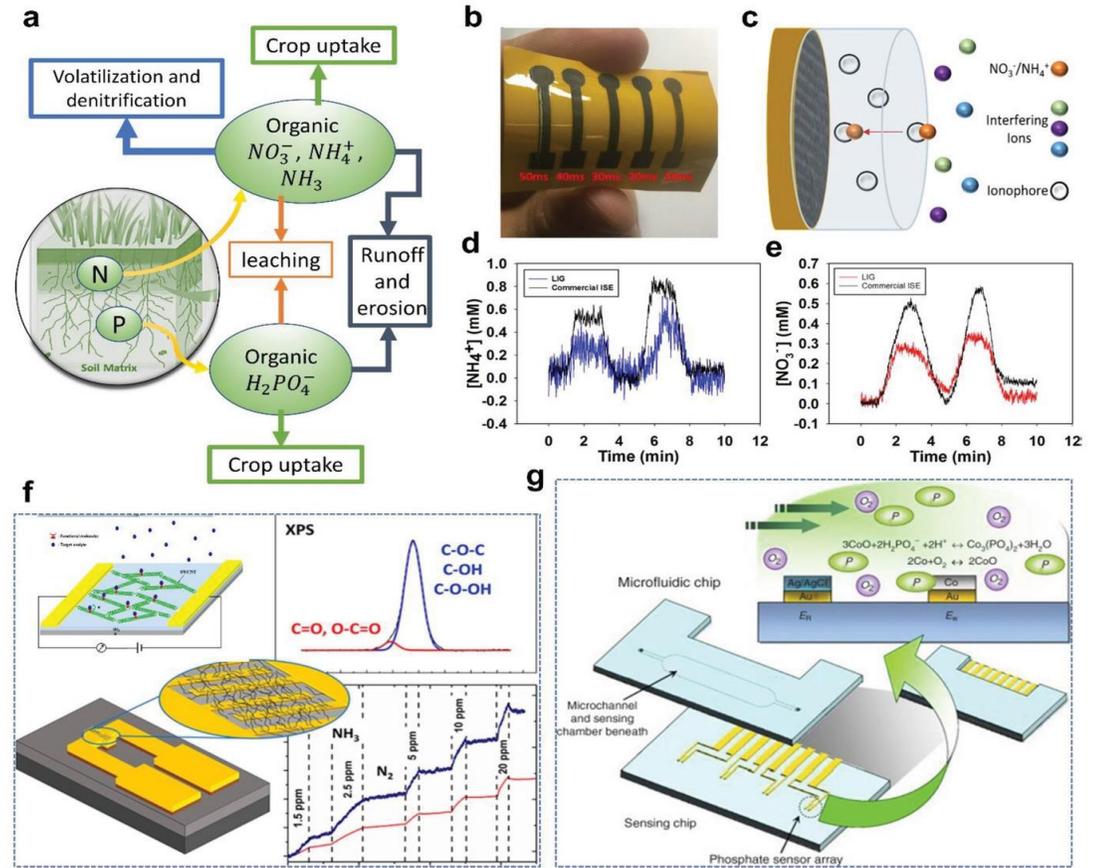
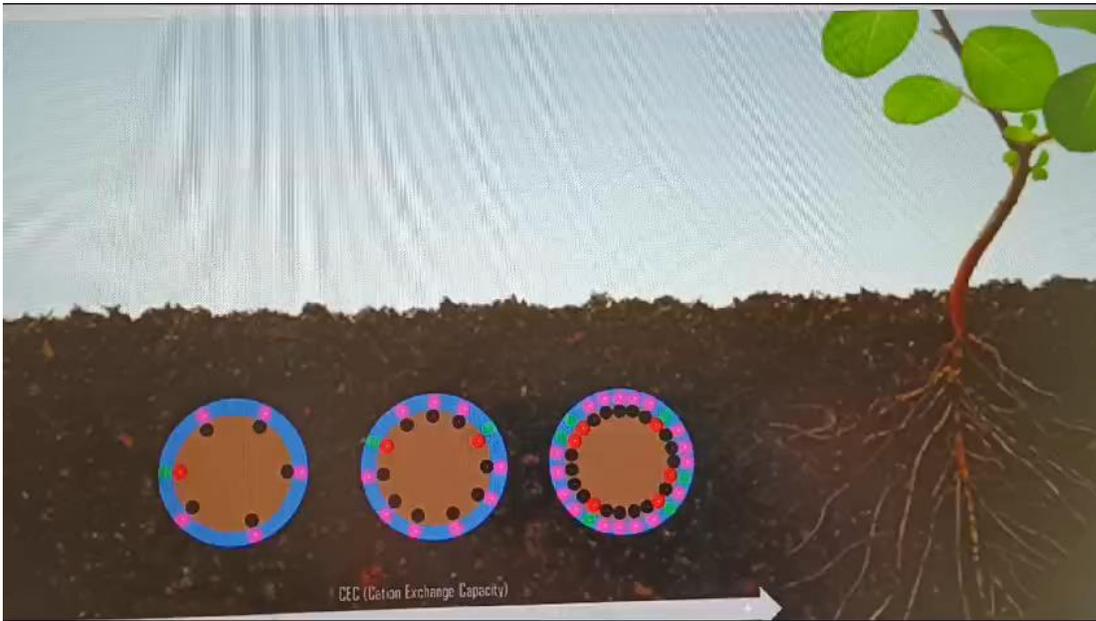
► pH



Yin et al. (2021)

Gli strumenti della viticoltura di precisione

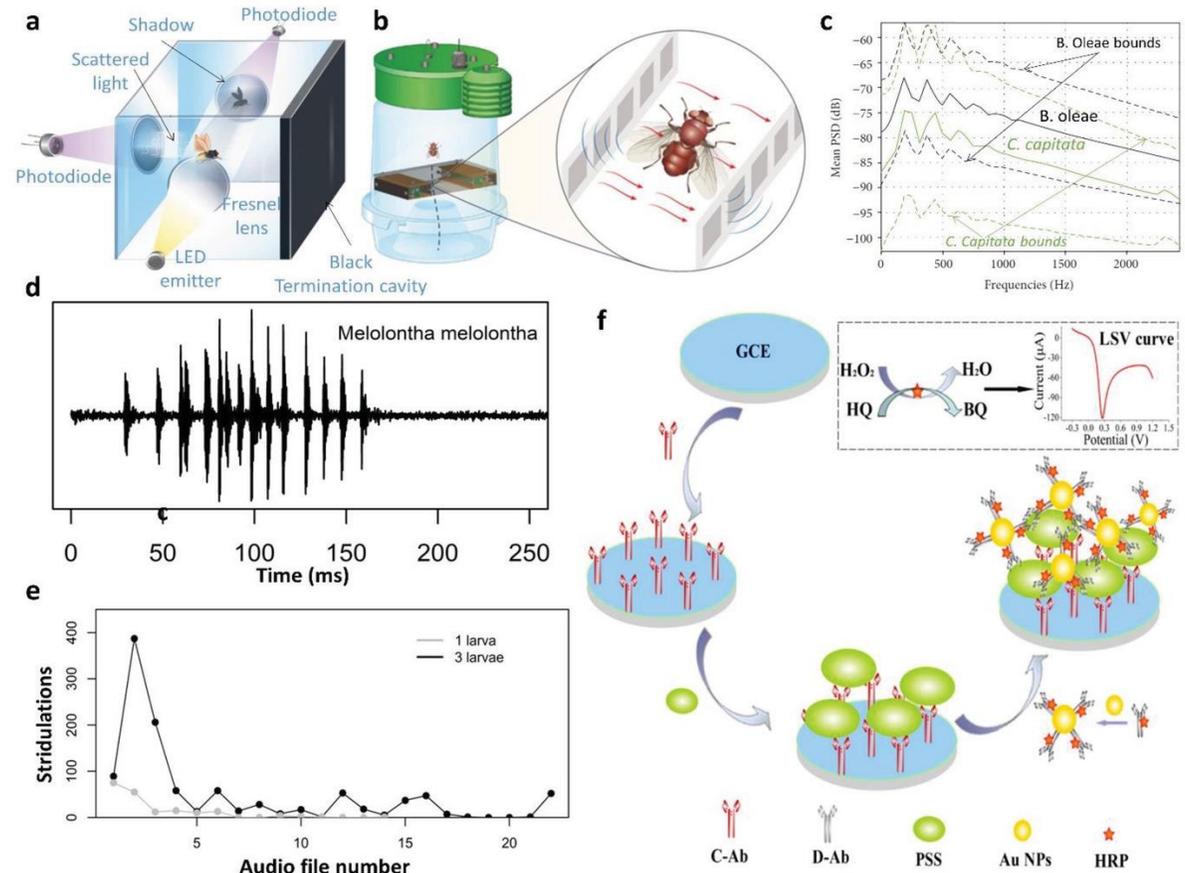
► Nutrienti



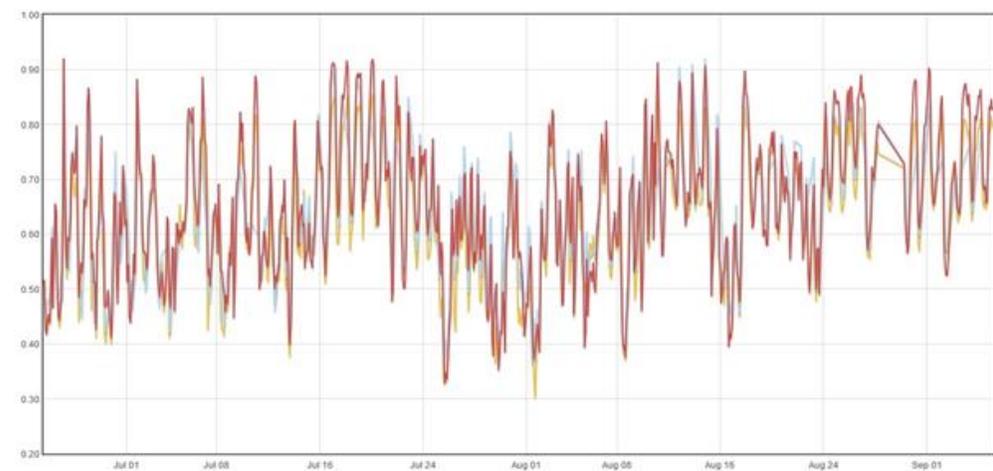
Yin et al. (2021)

Ravatech(2024)

Gli strumenti della viticoltura di precisione



► Malattie



Tipo: Umidità Ambientale
 Periodo: Fine giugno – inizio settembre

Giallo = FAS01 = ROSSO
 Celeste = FAS02 = BLU
 Rosso = FAS03 = ECO

Yin et al. (2021)

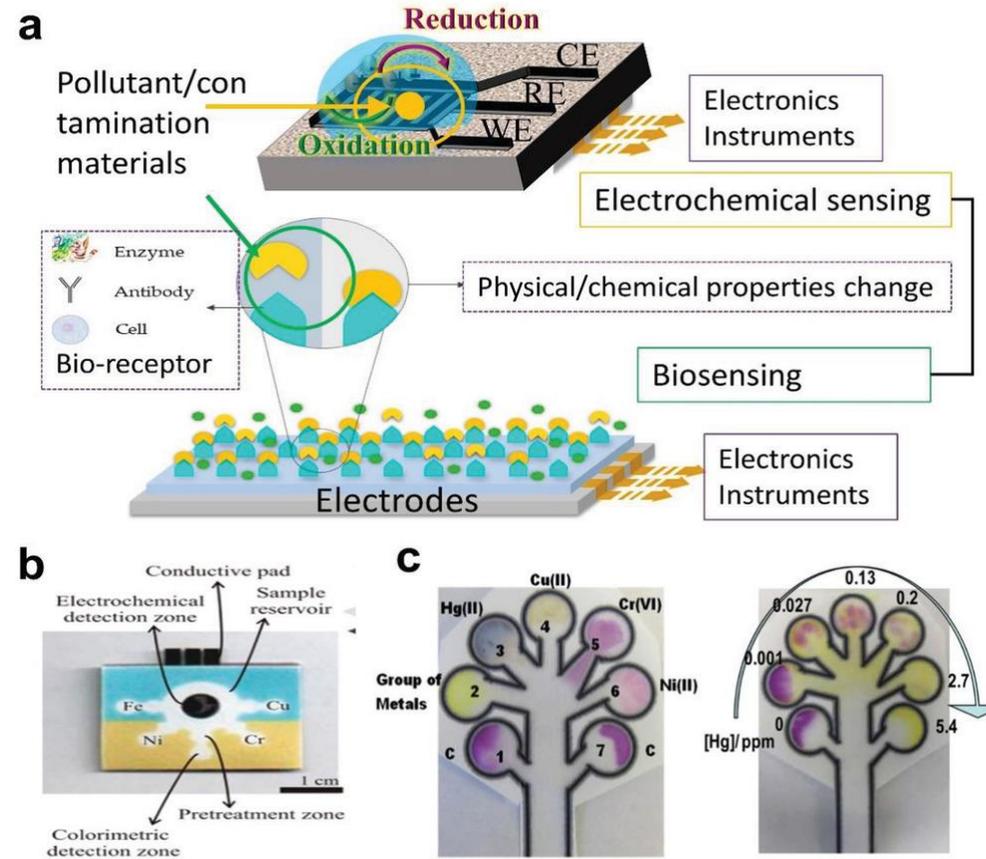


Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia – Legge regionale n. 55/2018
 "Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione"



Gli strumenti della viticoltura di precisione

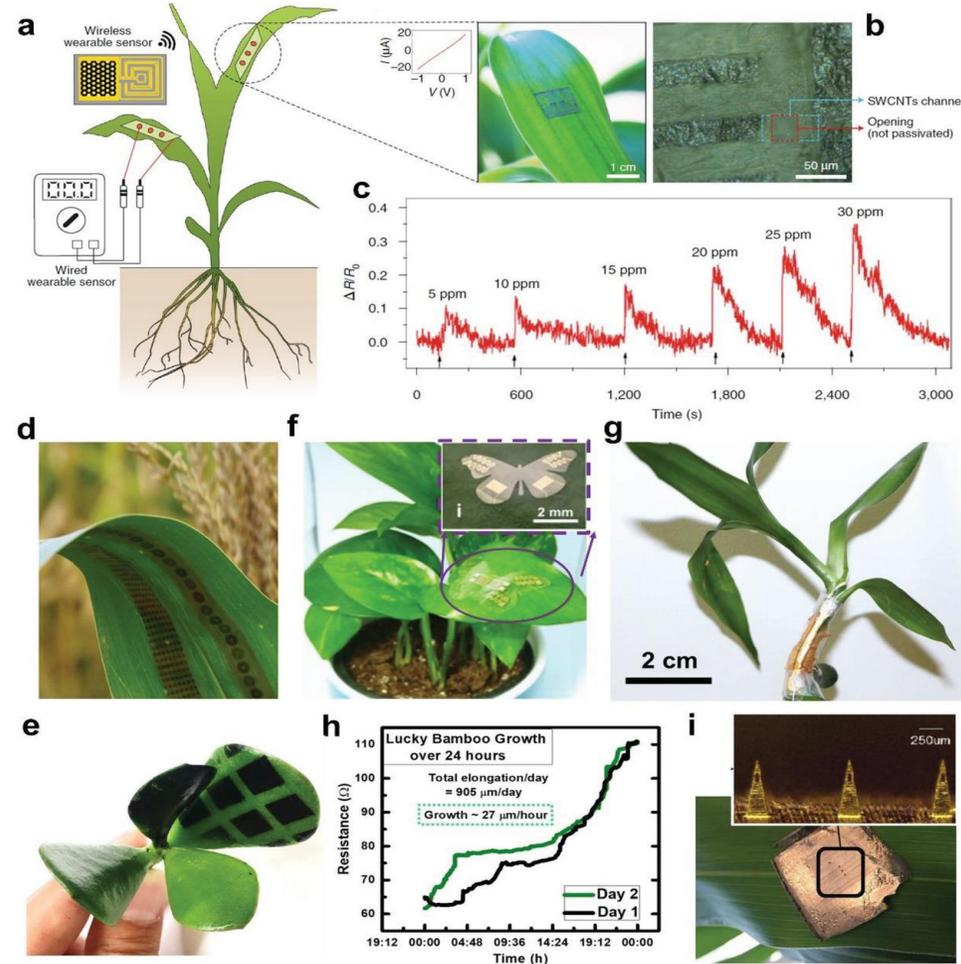
► Inquinanti



Yin et al. (2021)

Gli strumenti della viticoltura di precisione

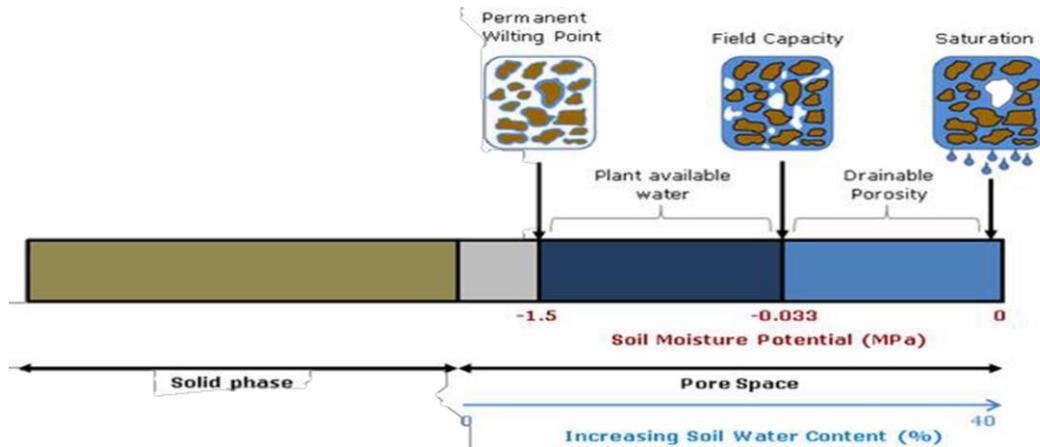
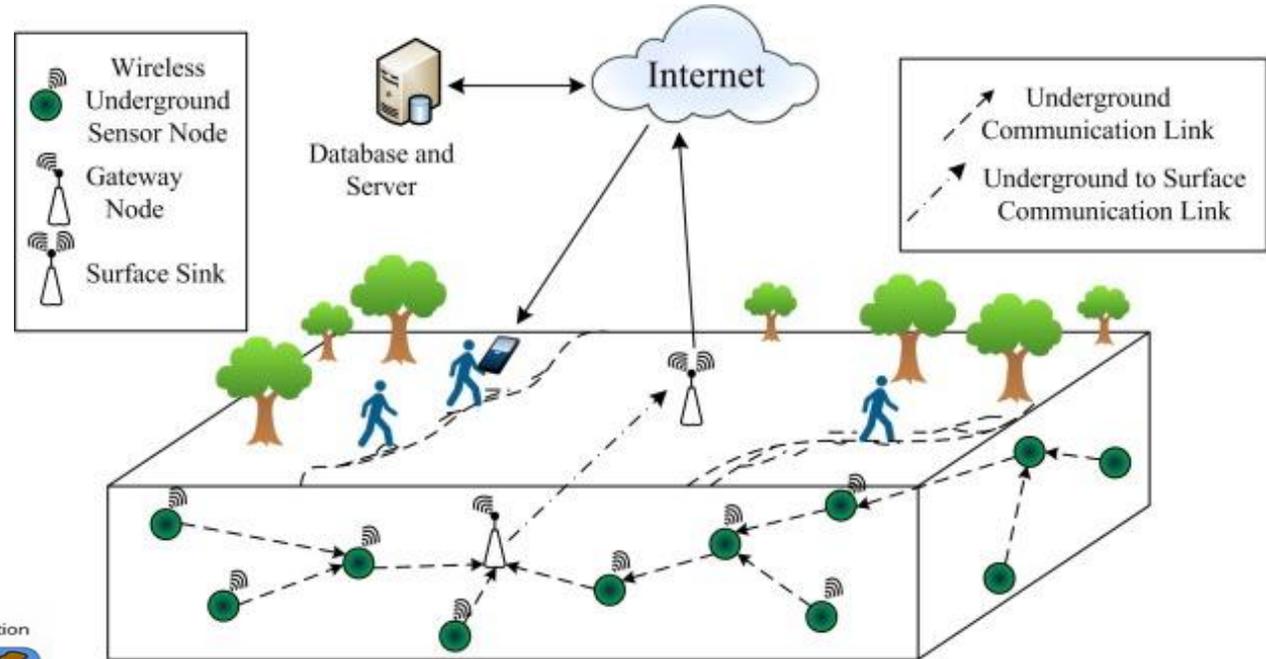
► Sensori per le piante



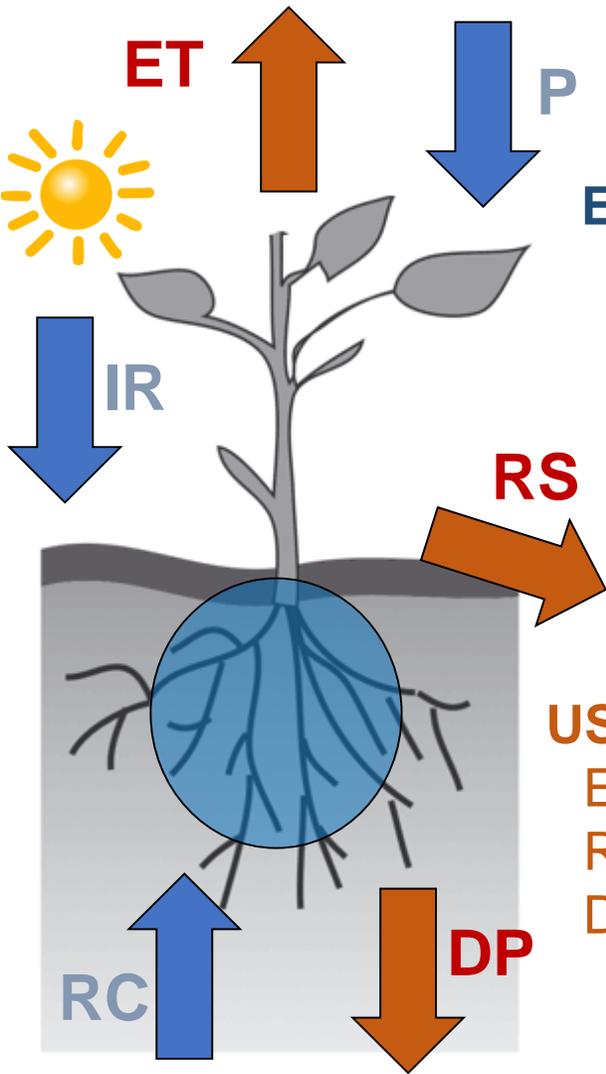
Yin et al. (2021)

Sistemi per la gestione dell'irrigazione

- Rapida e facile installazione.
- Costo contenuto.
- Nessuna interferenza con attività aziendali.
- Implementabile.
- Energeticamente sostenibile.



Sistemi per la gestione dell'irrigazione (basico)



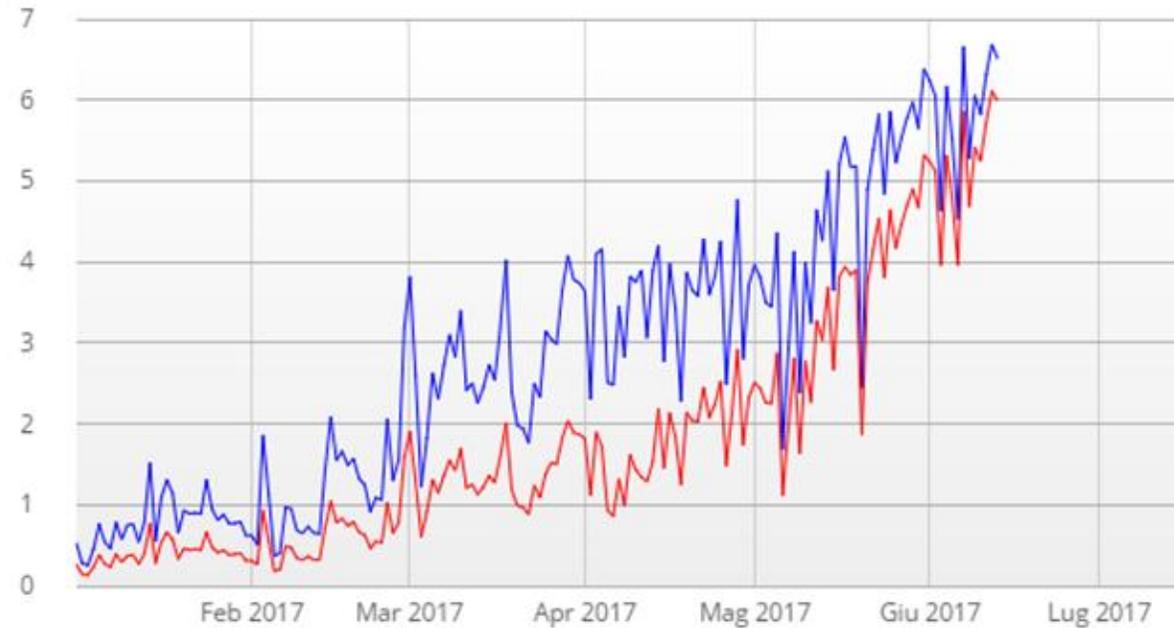
ENTRATE:

- Pioggia (P)
- Risalita capillare (RC)
- Irrigazione (IR)

USCITE:

- Evapotraspirazione (E+T)
- Ruscigliamento superficiale (RS)
- Drenaggio profondo (DP)

■ Evapotraspirazione di riferimento ■ Evapotraspirazione colturale



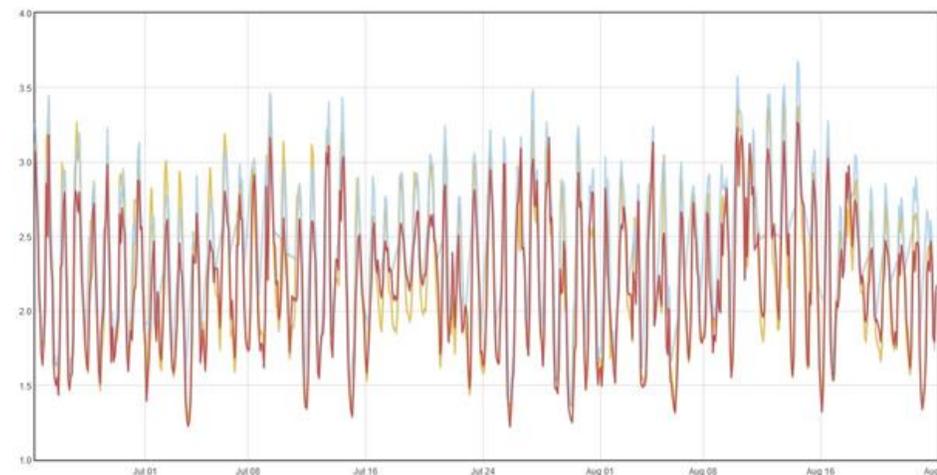
Sistemi per la gestione dell'irrigazione

Dati climatici

- Temperatura, umidità, vento, etc.

Stazione climatica

- ETc, VPD, radiazione, etc.

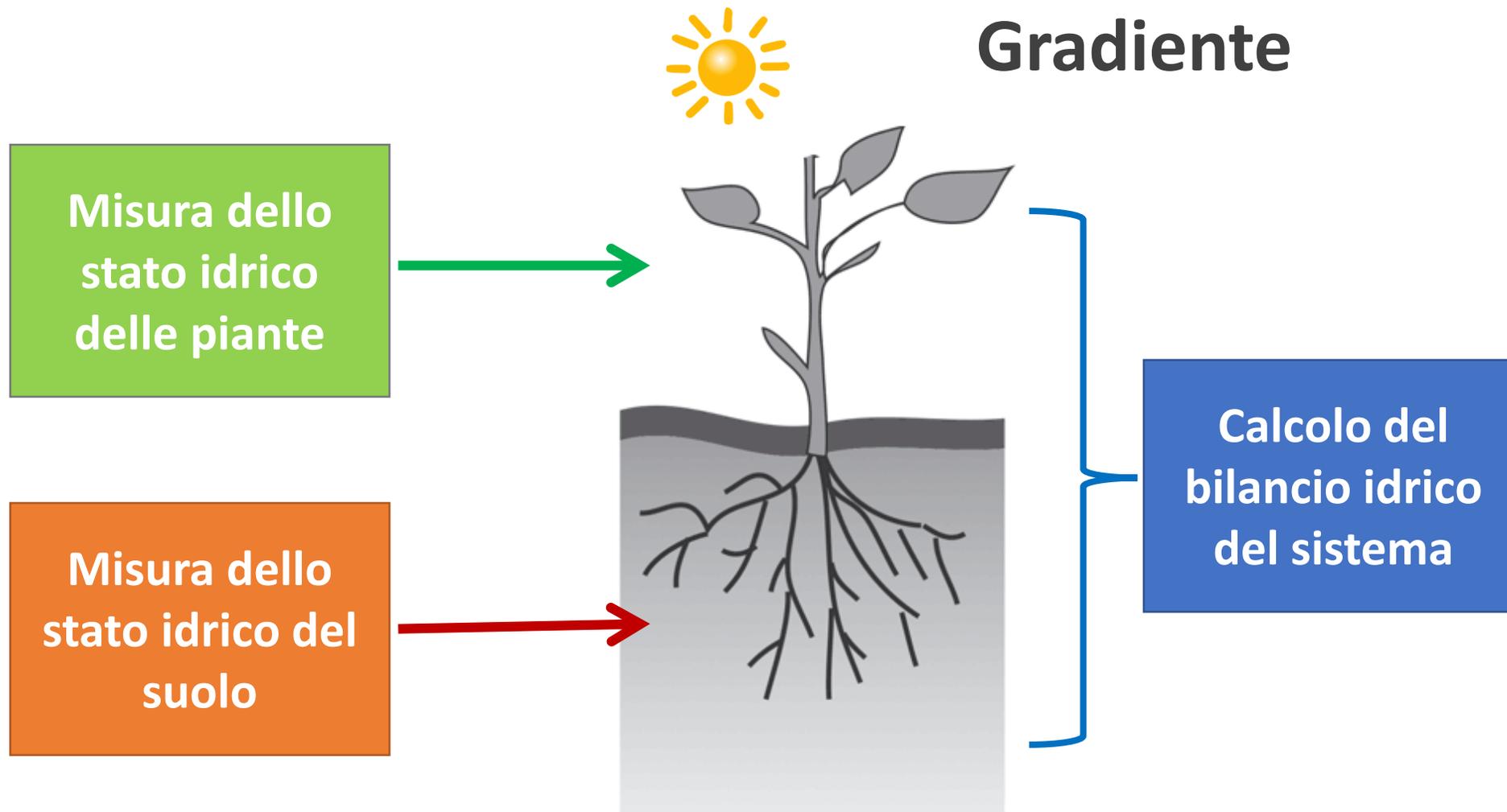


Tipo: Vapor Pressure
Periodo: Fine giugno – fine agosto

Giallo = FAS01 = ROSSO
Celeste = FAS02 = BLU
Rosso = FAS03 = ECO



Sistemi per la gestione dell'irrigazione



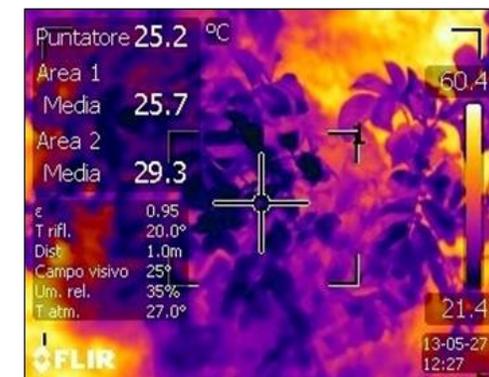
Sistemi per la gestione dell'irrigazione

Dati del suolo

- Potenziale, acqua (%), temperatura, etc.

Dati della pianta

- Accrescimento frutto, temperatura frutto e vegetazione, potenziale fogliare, etc.



Sistemi per la gestione dell'irrigazione

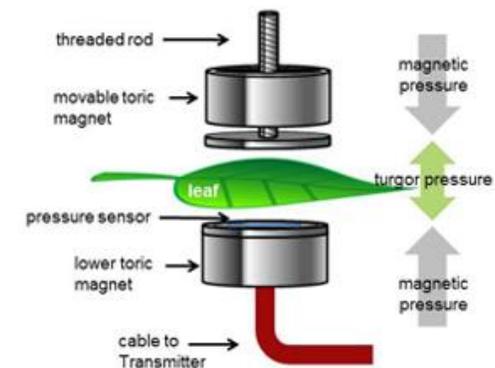
Flussi di linfa

- Sensori di temperatura.

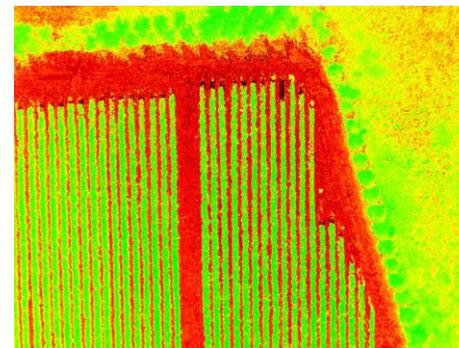
Contrazioni del tronco

- Dendrometri

Turgore fogliare



Sistemi per la gestione dell'irrigazione (avanzato)

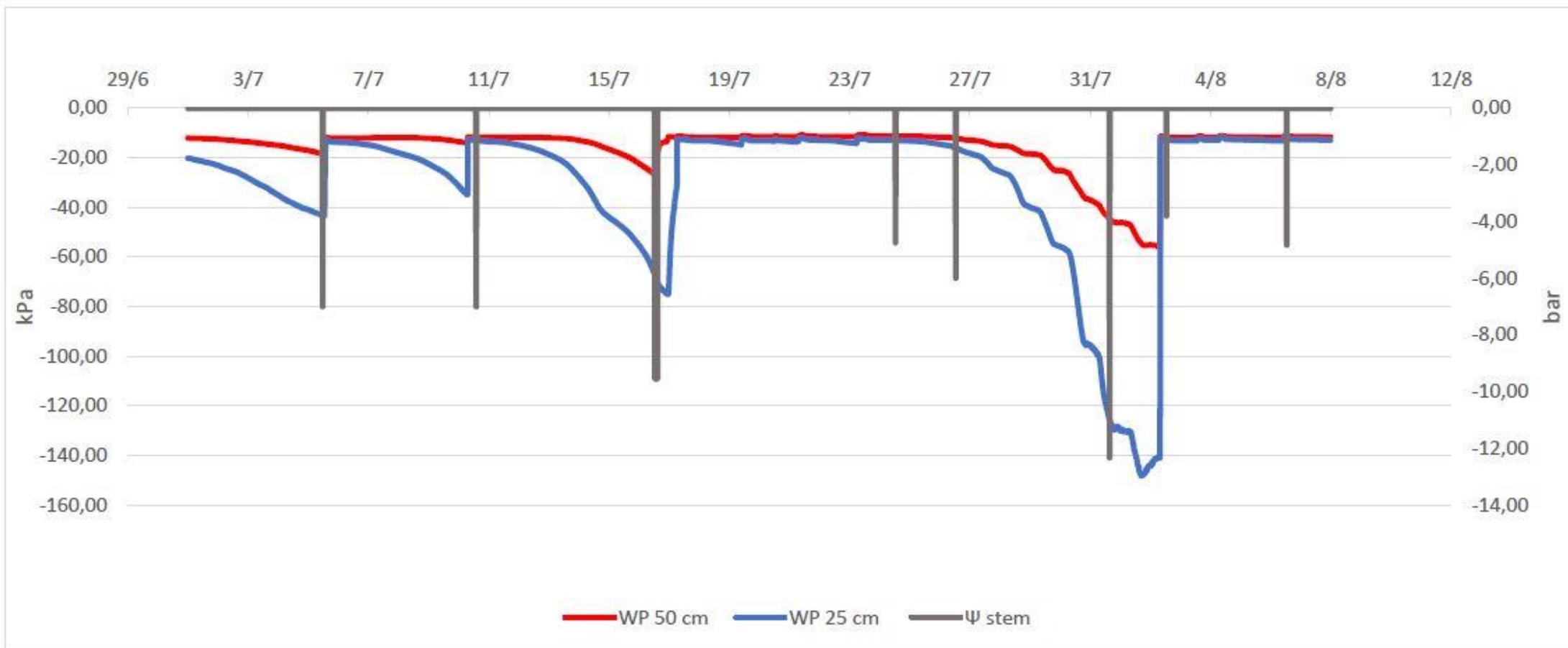


Sistemi per la gestione dell'irrigazione



© 2010 MMM Mosler tech support Berlin

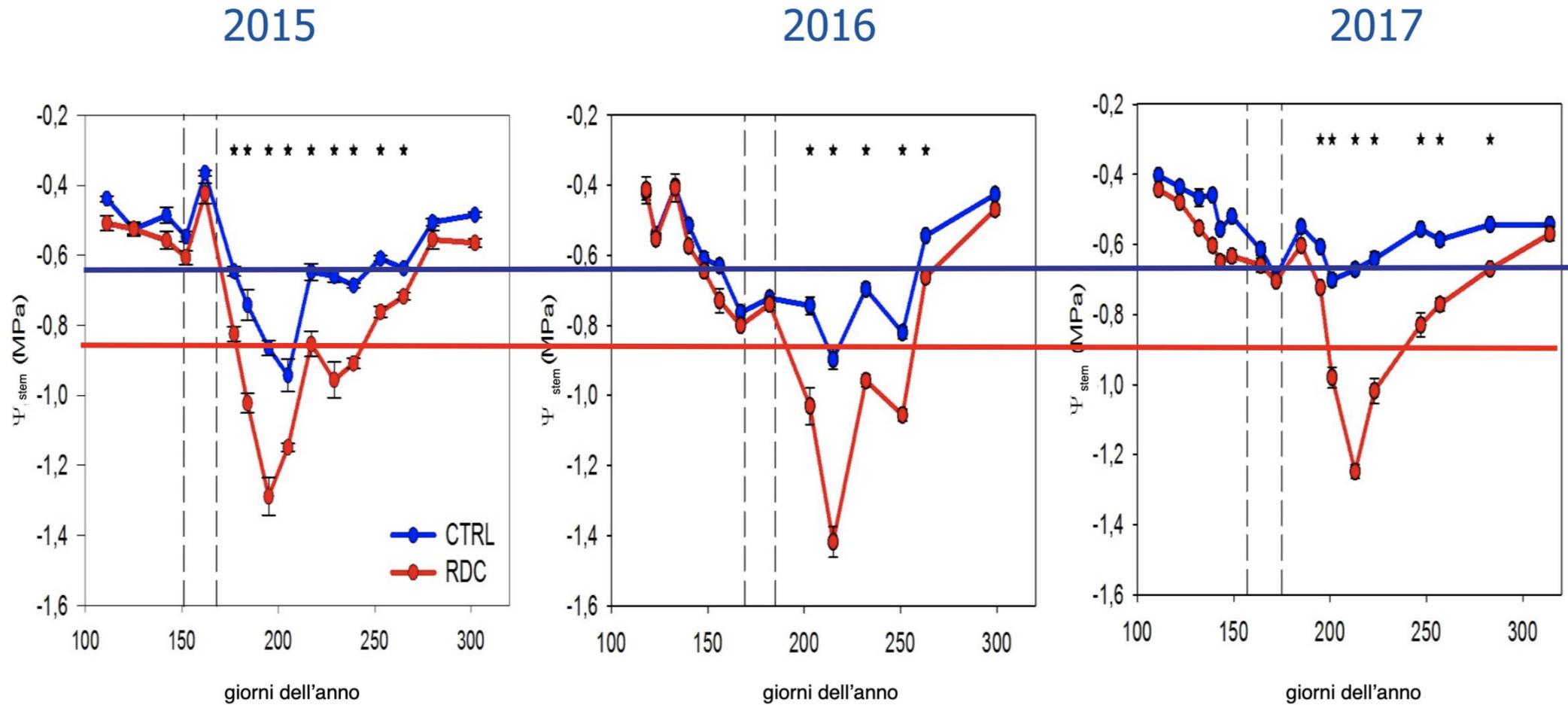
Sistemi per la gestione dell'irrigazione



Sistemi per la gestione dell'irrigazione

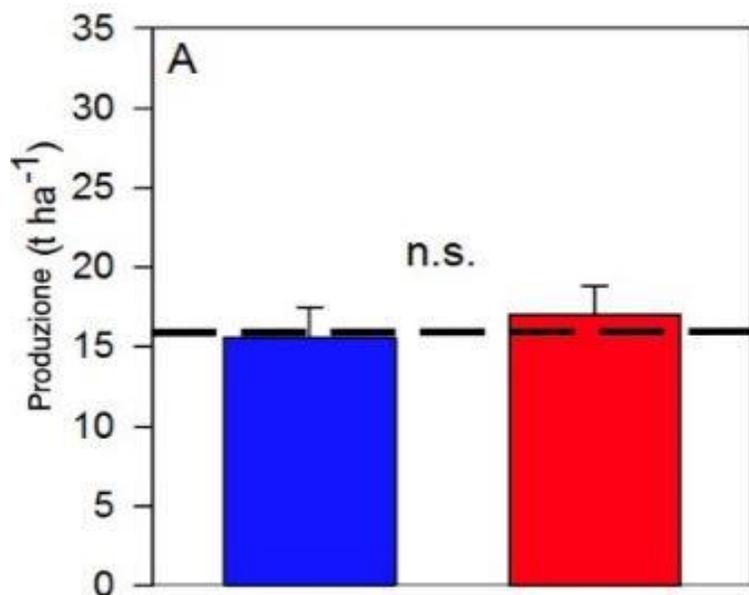
	Pre raccolta			Post raccolta					
	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov
CTRL Control	110% ET_c								
RDC	90% ET_c			100% ET_c	65% ET_c				

Sistemi per la gestione dell'irrigazione

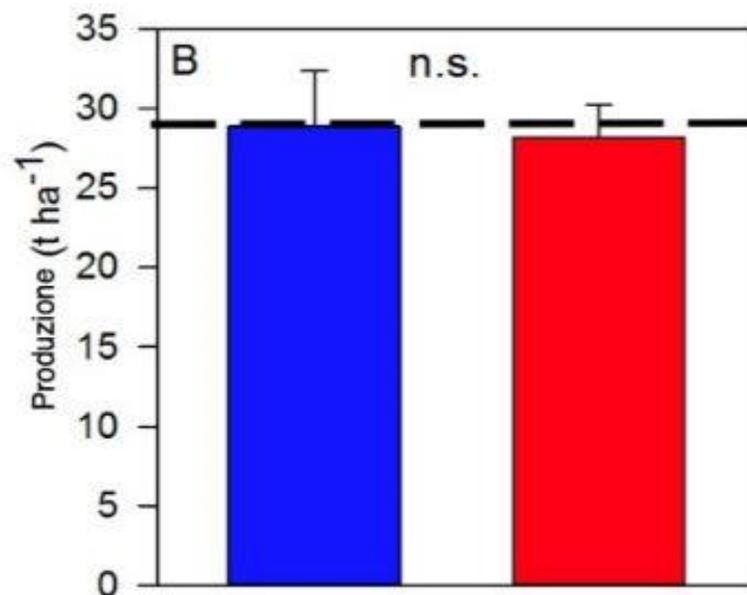


Sistemi per la gestione dell'irrigazione

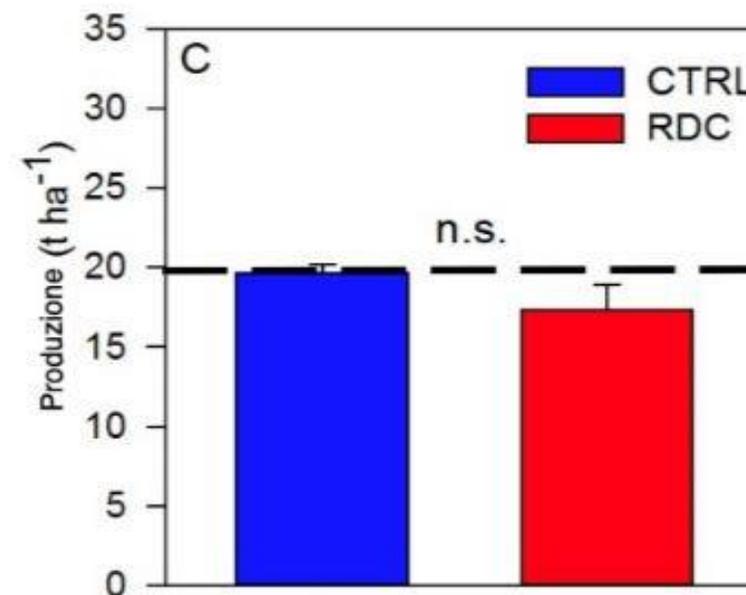
2015



2016



2017



Sistemi per la gestione della nutrizione

Approccio razionale per:

- Una sostenibilità ambientale (inquinamento falda, emissione di CO₂ per produrre, trasportare e distribuire i fertilizzanti).
- Una sostenibilità aziendale (riduzione dei costi aziendali).

Criteri

- Garantire un adeguato livello di fertilità del terreno.
- Evitare eccessi nella distribuzione.
- Ridurre gli inquinamenti (impatto ambientale).
- Ridurre i costi.
- Prevenire l'insorgenza di carenze e squilibri nutritivi.
- Intervenire in epoche opportune.

Sistemi per la gestione della nutrizione

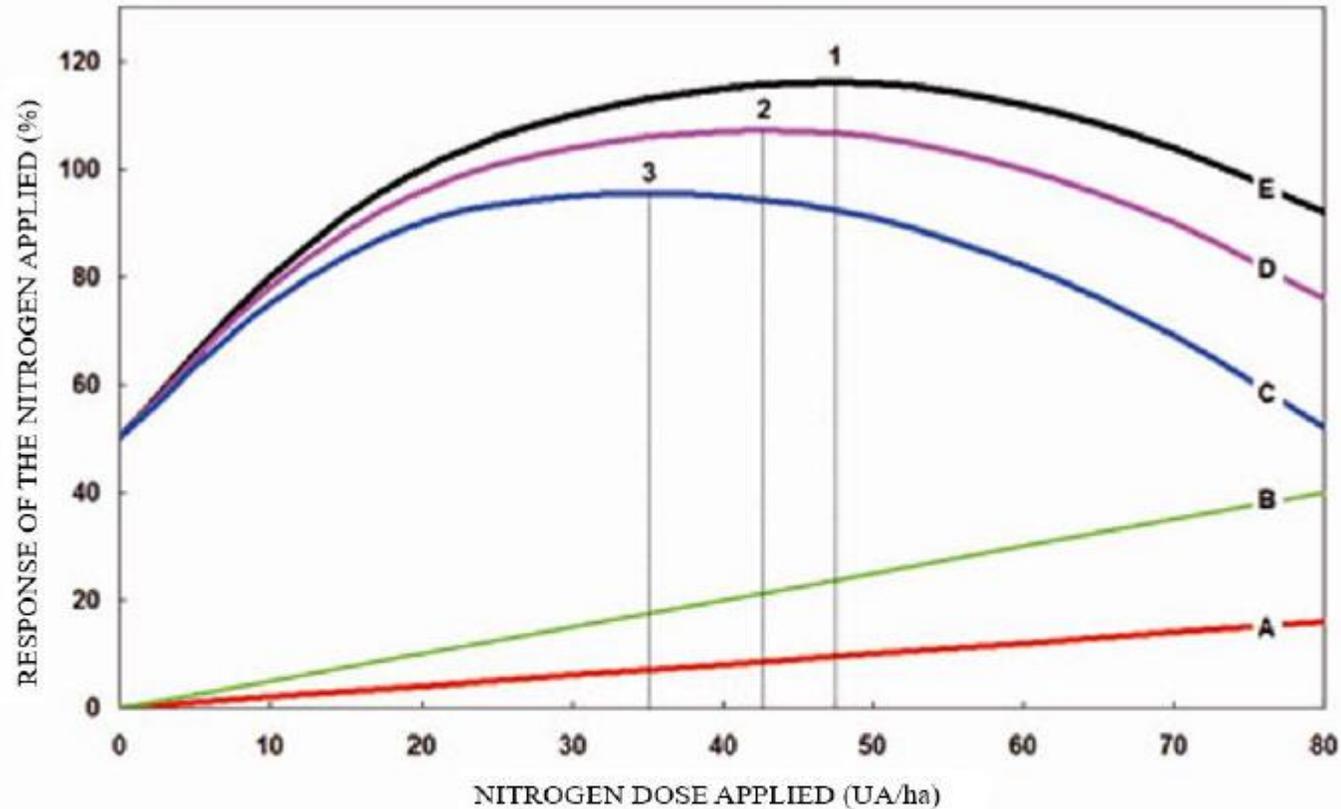


Figure 2. Analysis of the optimum doses of nitrogen application: Agronomic (1), economic (2) and environmental (3). Curves: A, cost of N applied; B, environmental cost of N applied; C, environmental benefit; D, agricultural economic benefit; E, gross production (Source: Durán et al., 2010).

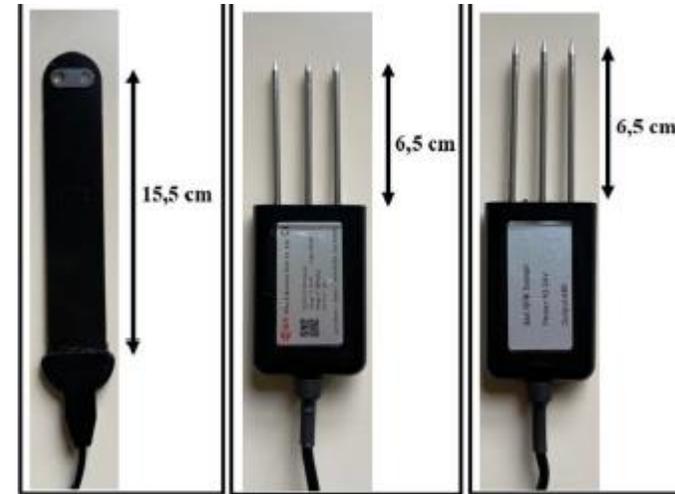
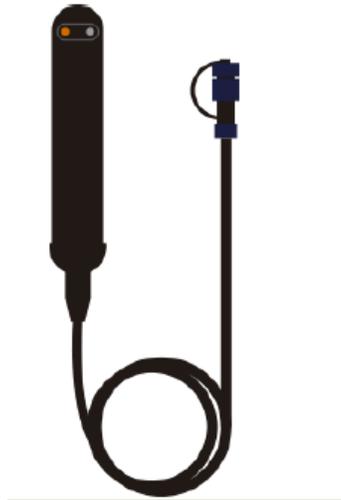
Sistemi per la gestione della nutrizione

Caso dell'azoto (N):

- Fertilizzanti azotati = N necessario per una determinata resa – N mineralizzabile

Analisi dell'azoto (N):

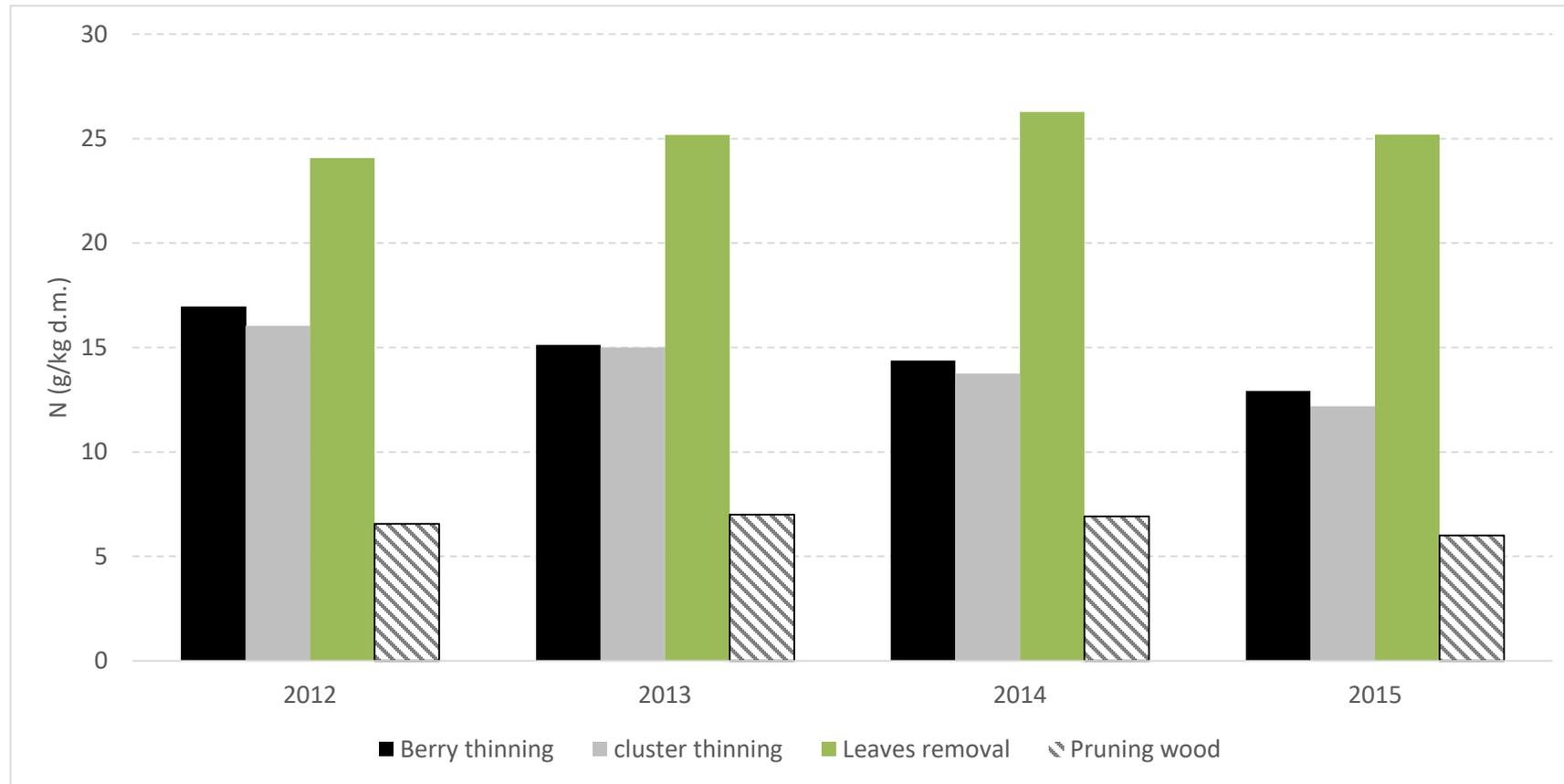
- Campionamento e analisi di laboratorio (lento, costoso).
- Campionamento e analisi rapida (veloce, richiede analisi a priori).
- Lisimetri (abbastanza rapido, costoso).
- Sensori?



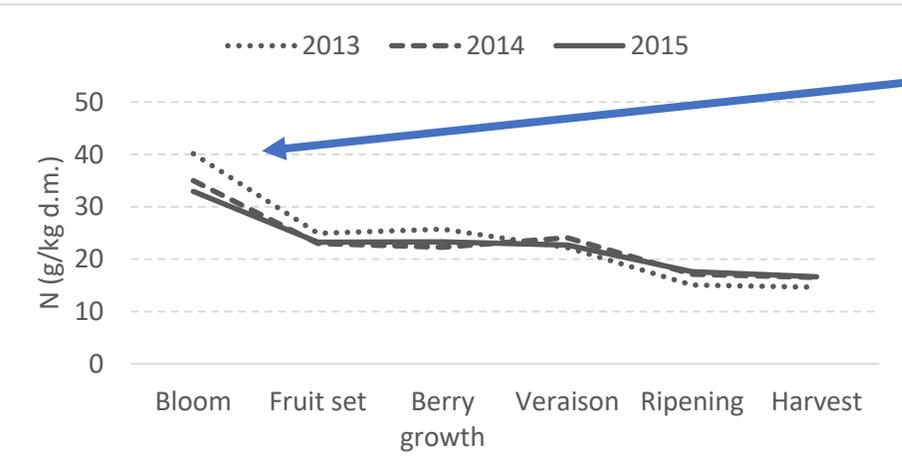
UPNA, 2022

Sistemi per la gestione della nutrizione

Contenuto di azoto (g/kg p.s.) nel materiale asportato con la potatura estiva ed invernale

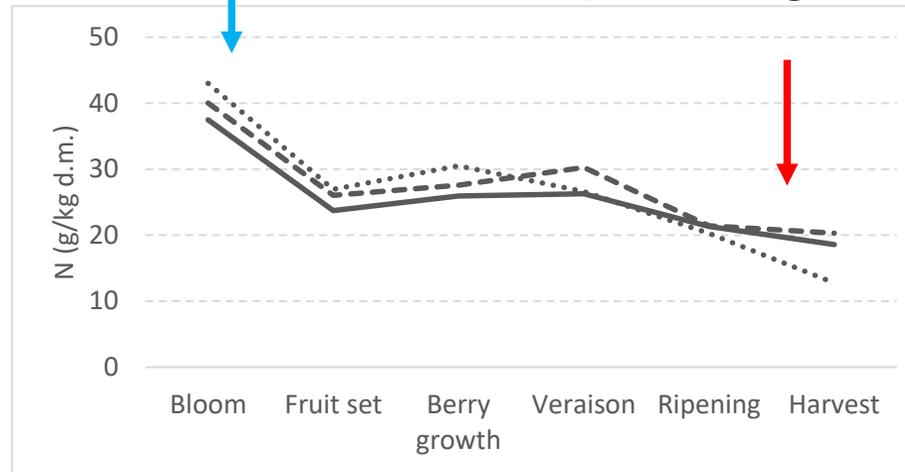


Sistemi per la gestione della nutrizione



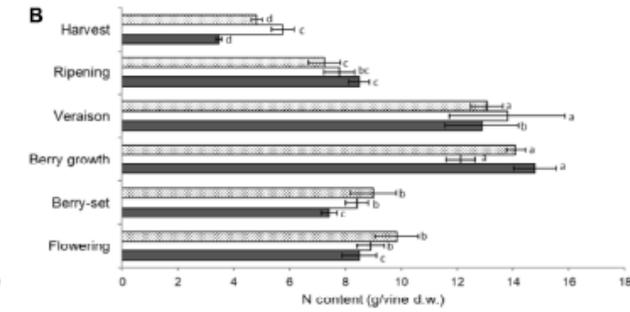
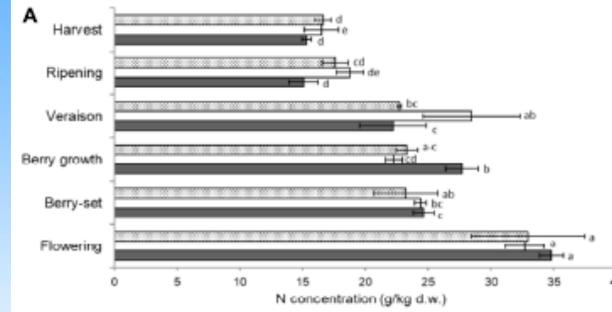
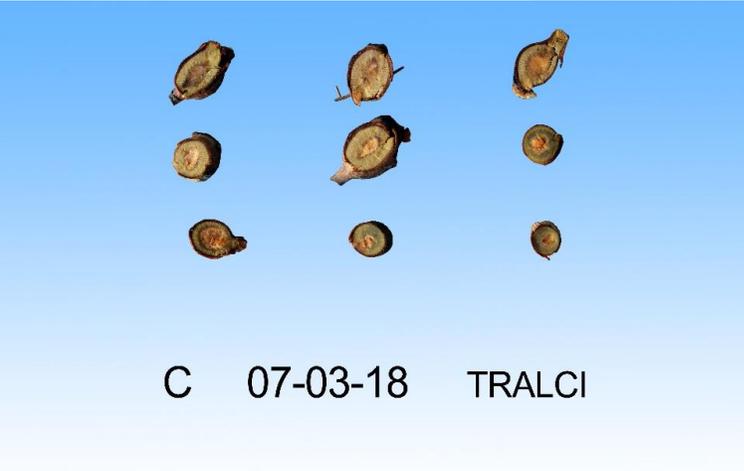
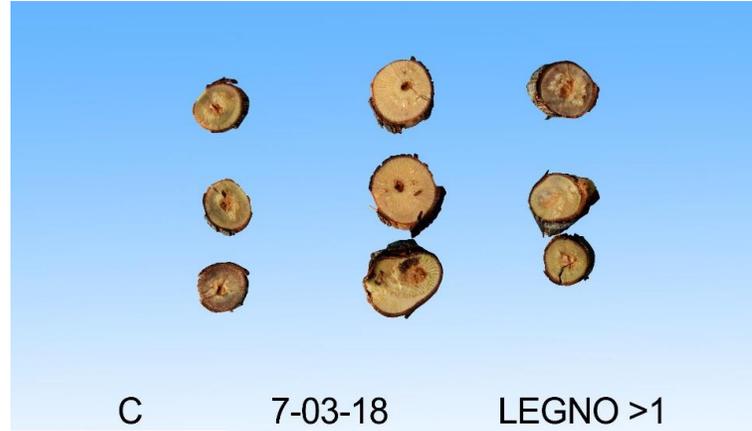
Grechi et al. (2007) hanno osservato un elevato contenuto di N nelle foglie di femmine di Merlot (rispetto alle foglie del germoglio primario)

Traslocazione di N verso organi di riserva (Wermelinger, 1991)

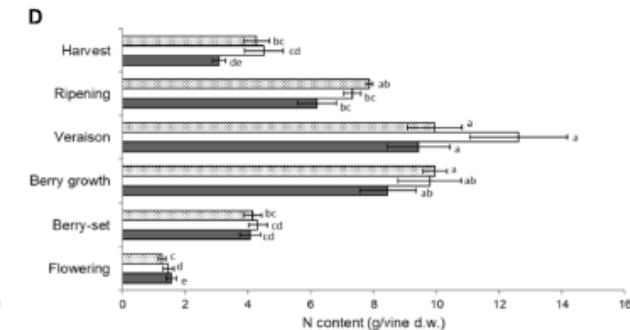
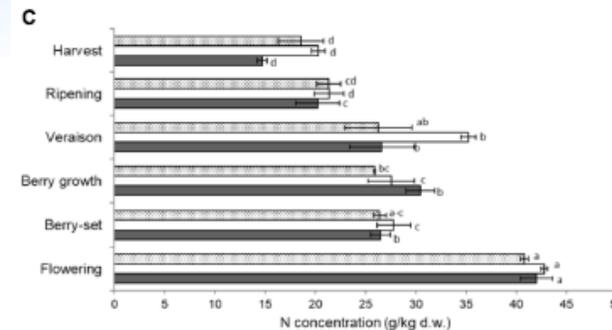


Sistemi per la gestione della nutrizione

- Fase I Richiamo di zuccheri e minerali dalle foglie prima della caduta.
- Fase II Accumulo di riserve (amido, cellulose, etc.) negli organi perenni (tralci, branche, fusto, radici).
- Fase III Ritrasformazione in zuccheri semplici dell'amido per un pronto utilizzo da parte delle gemme.



Foglie germoglio primario



Foglie germoglio secondario

Sistemi per la gestione della nutrizione

Xilema

Tessuto complesso.

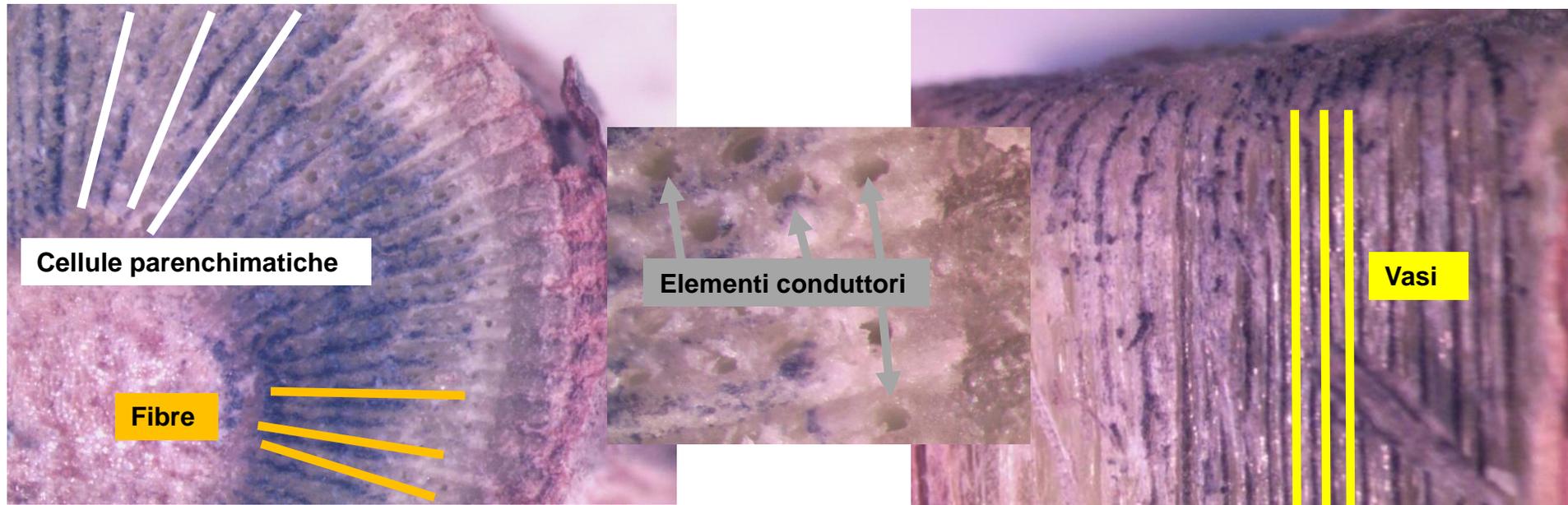
80% cellule non conduttrici:

- a) Fibre (resistenza).
- b) Cellule parenchimaliche (riserva di amido).

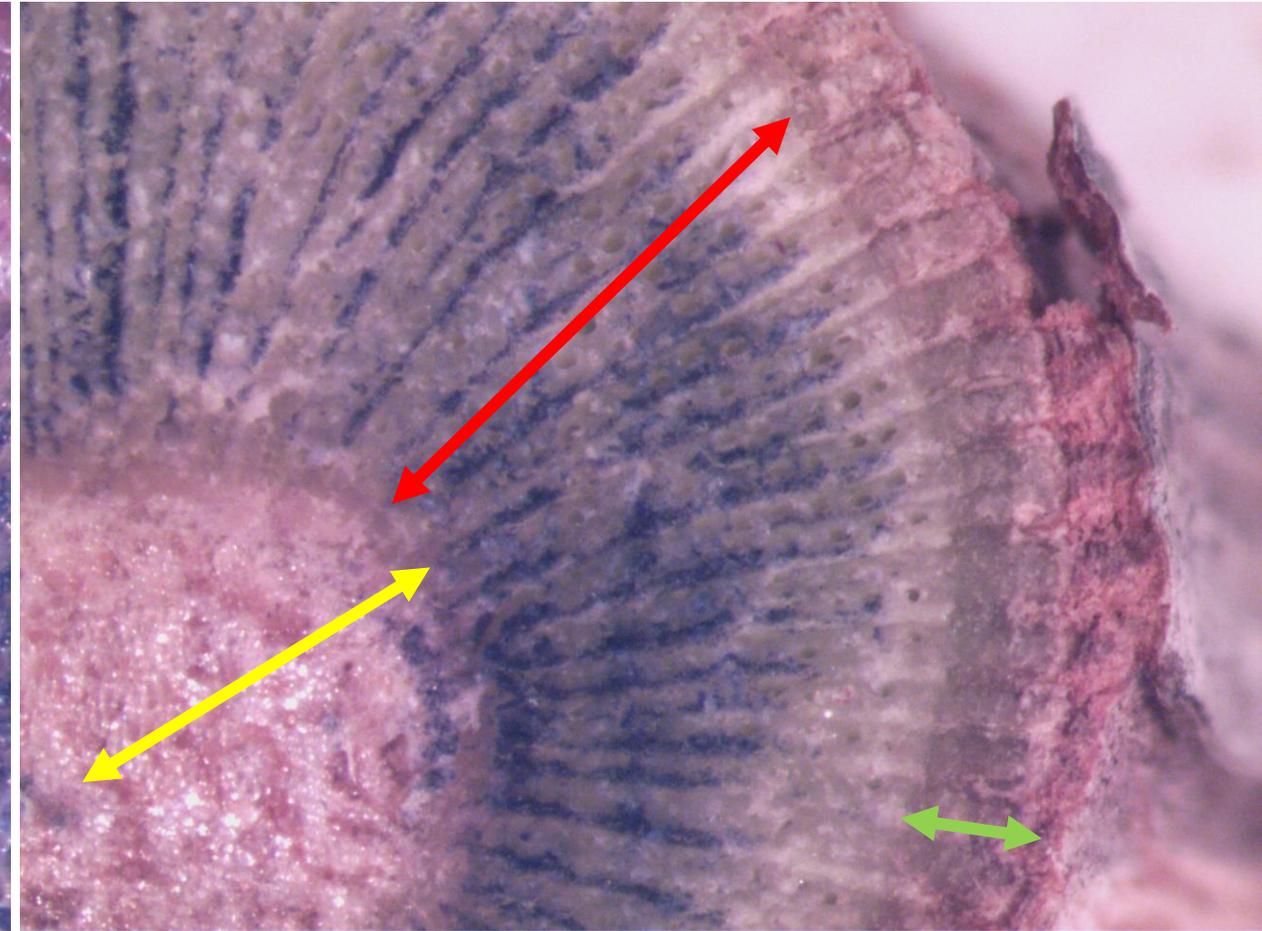
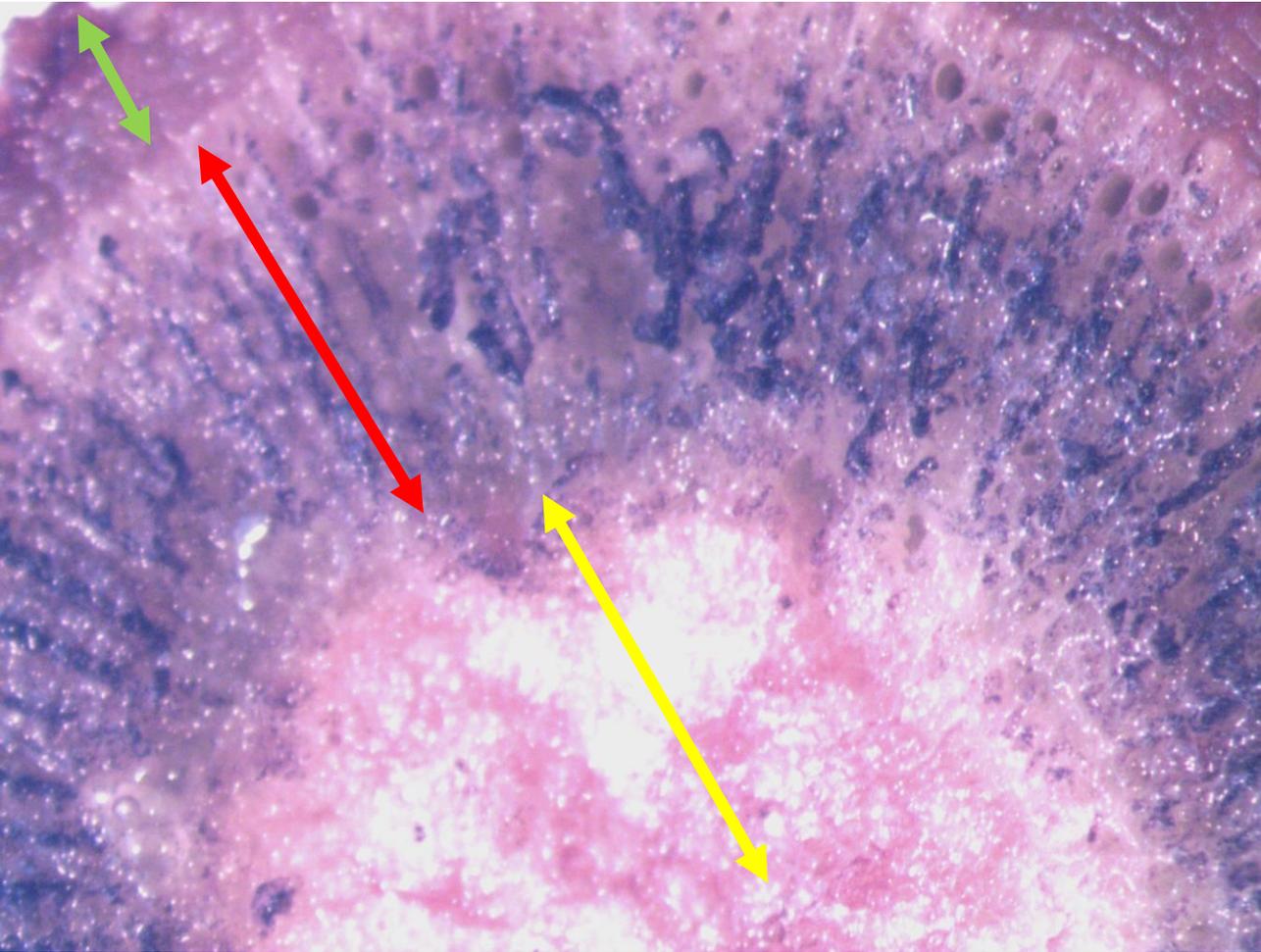
Costituzione xilema

20% cellule conduttrici:

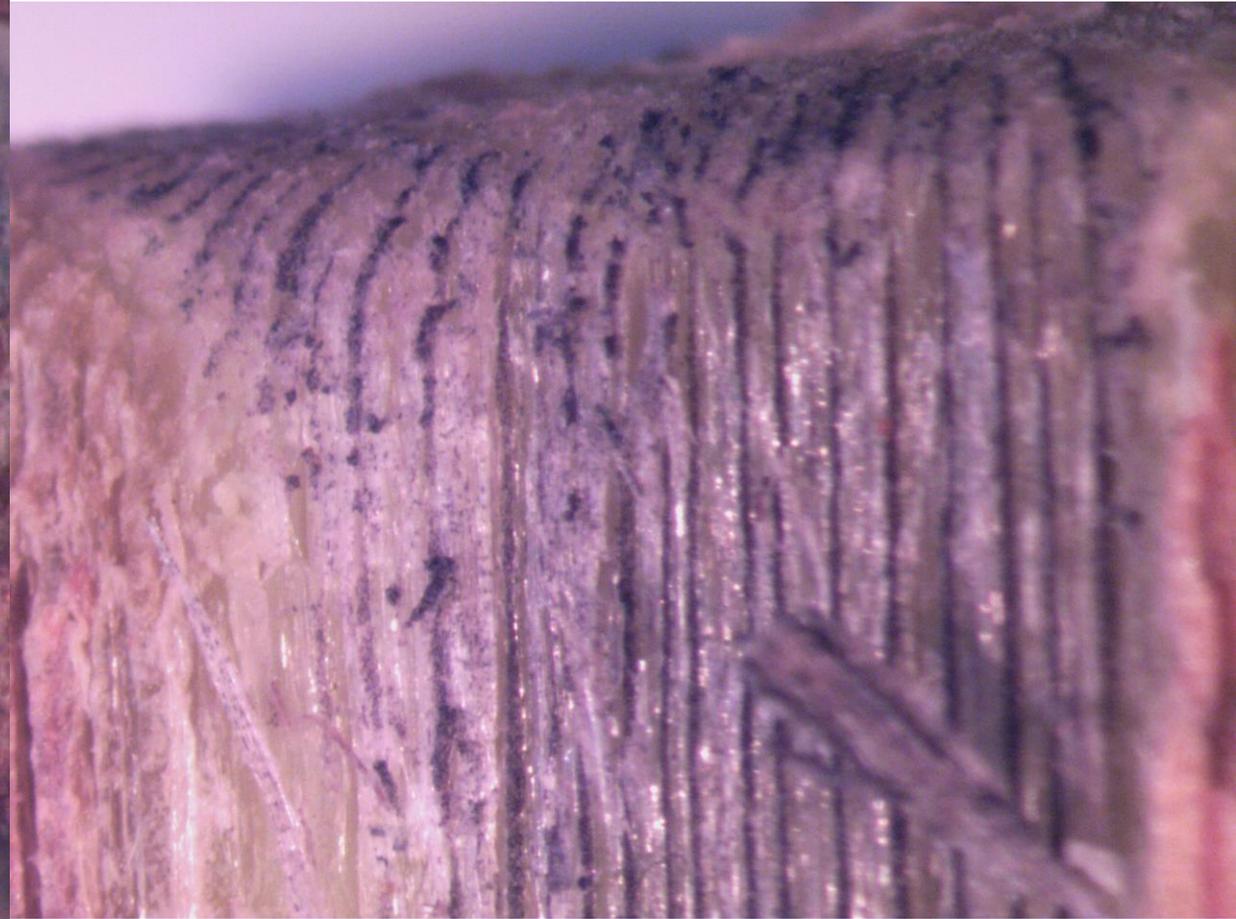
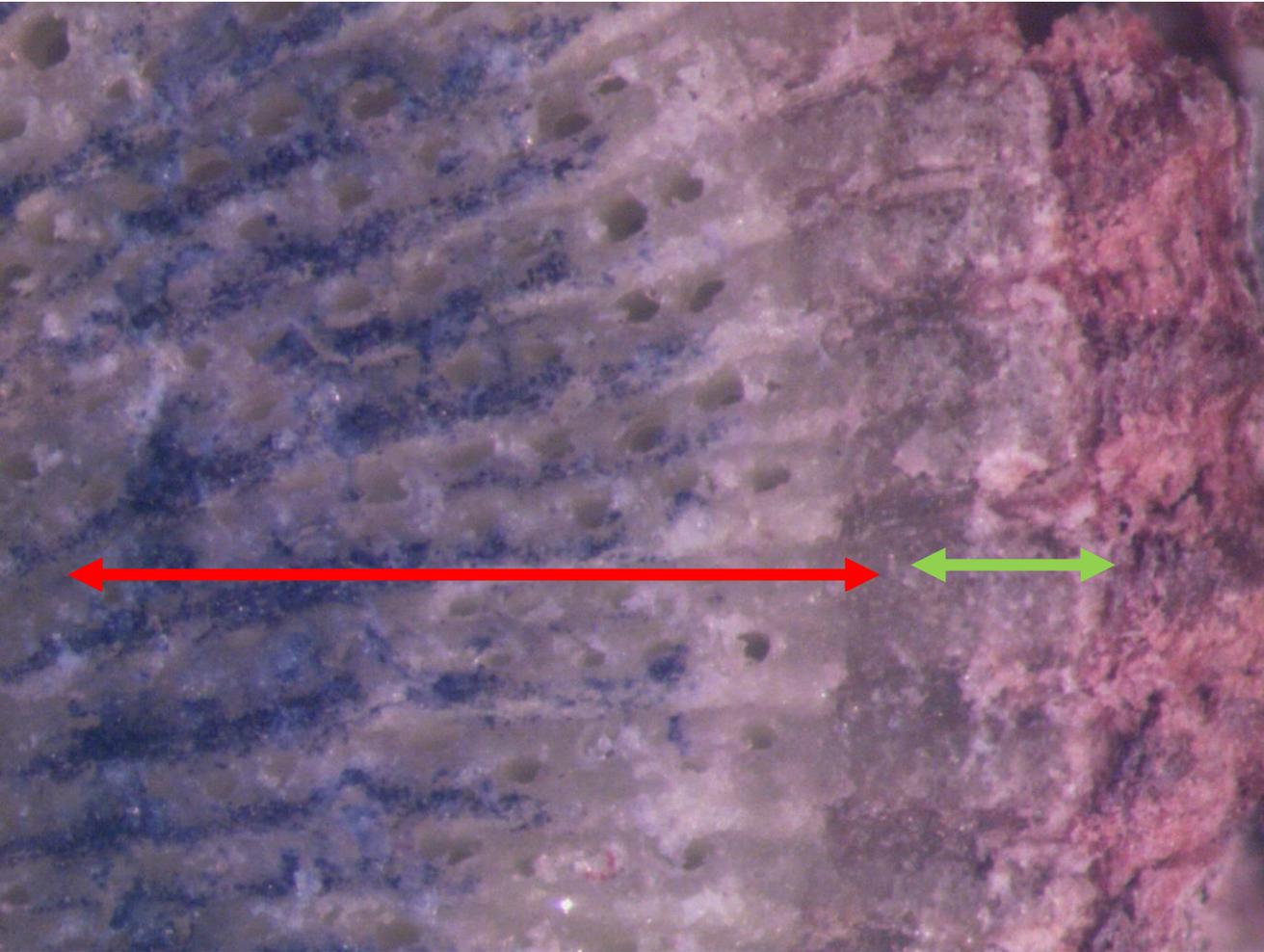
- a) Elementi conduttori (cellule morte, diametro 200 μm).
- b) Vasi (unione di diversi elementi per formare i vasi).



Sistemi per la gestione della nutrizione



Sistemi per la gestione della nutrizione



Sistemi per la gestione della nutrizione

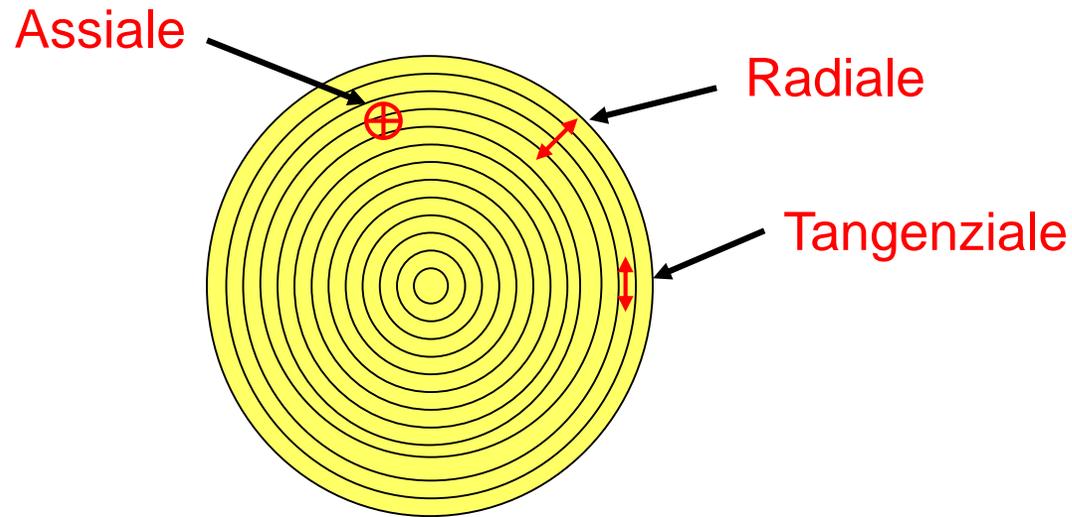
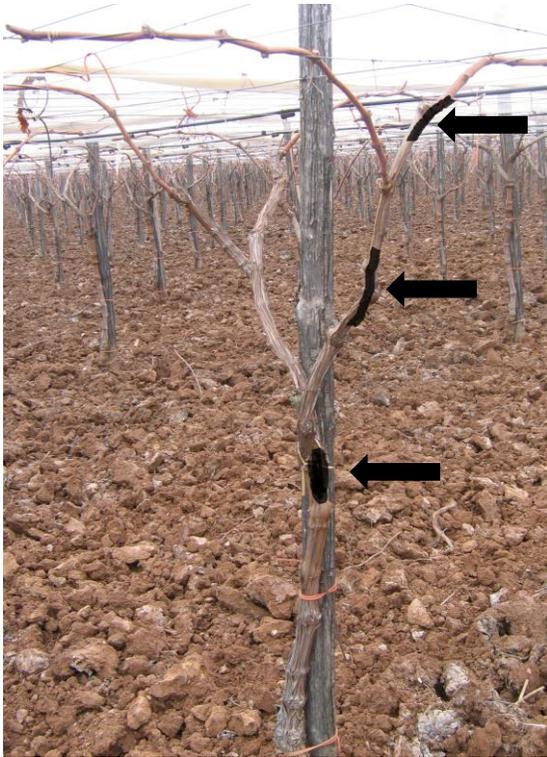
Flusso nello xilema

Assiale è quello più importante e dominante.

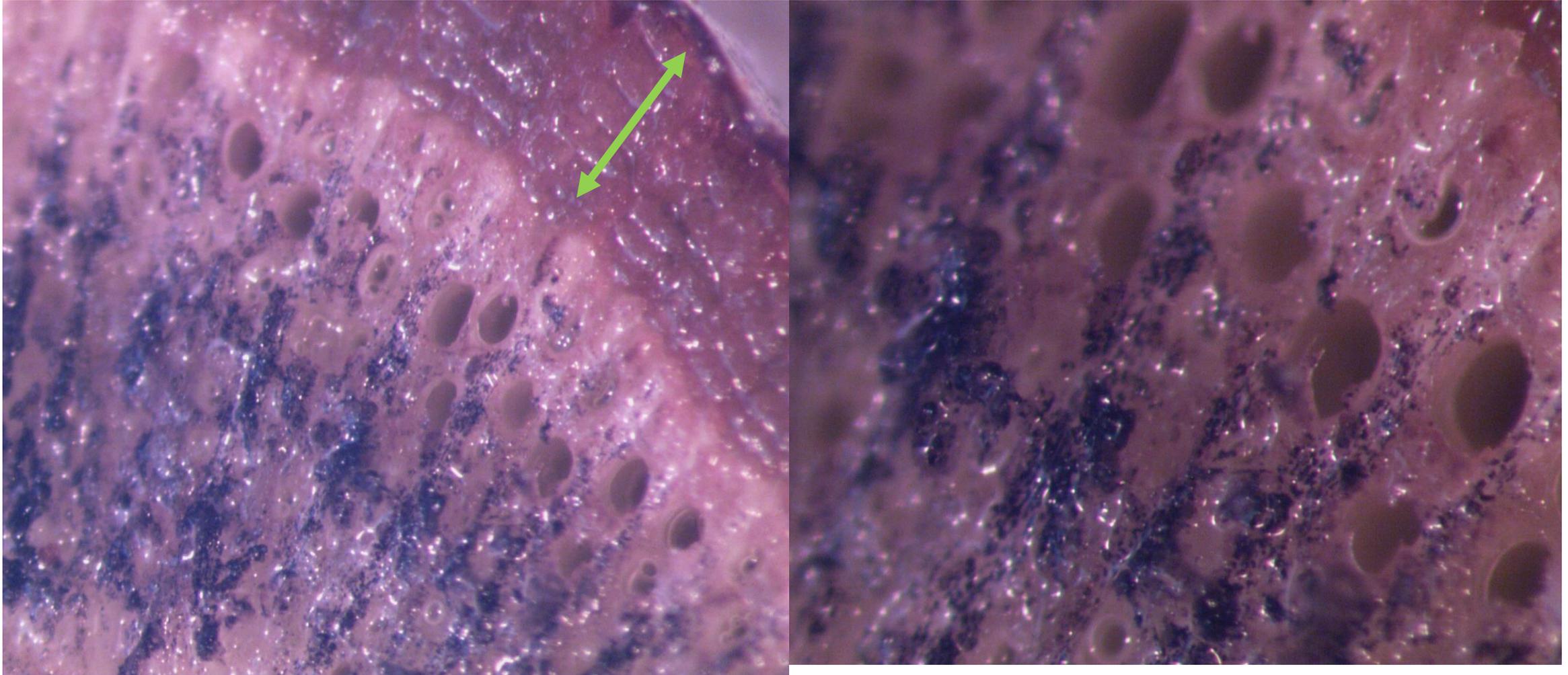
Velocità di circa 5 m/h.

Il flusso radiale e quello tangenziale sono molto limitati.

Un danno su una porzione del fusto o della radice può quindi provocare un danno sulla medesima porzione della parte aerea.



Sistemi per la gestione della nutrizione



Sistemi per la gestione della nutrizione

Xilema

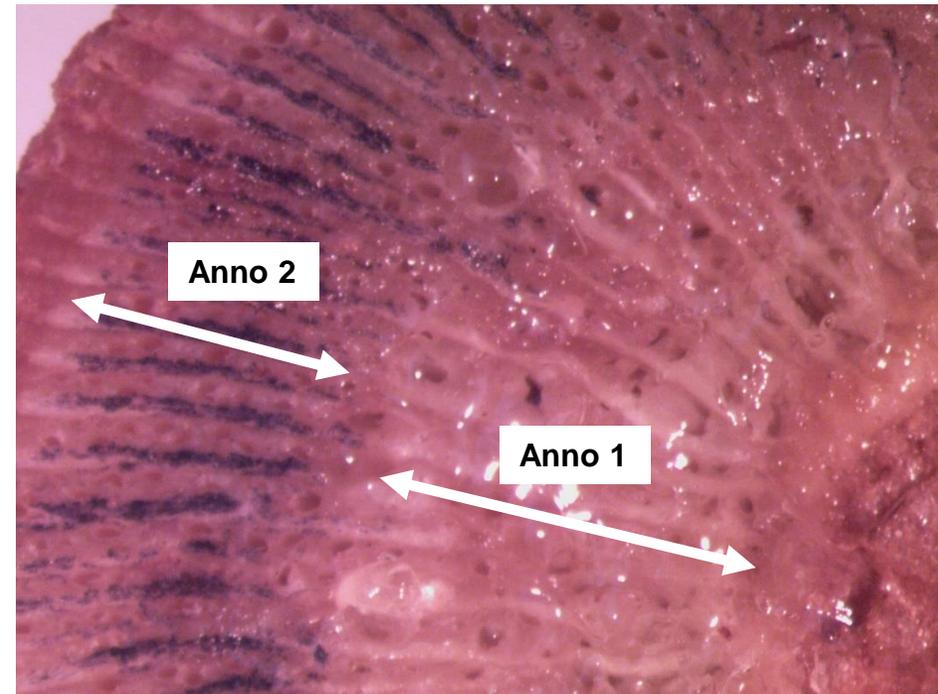
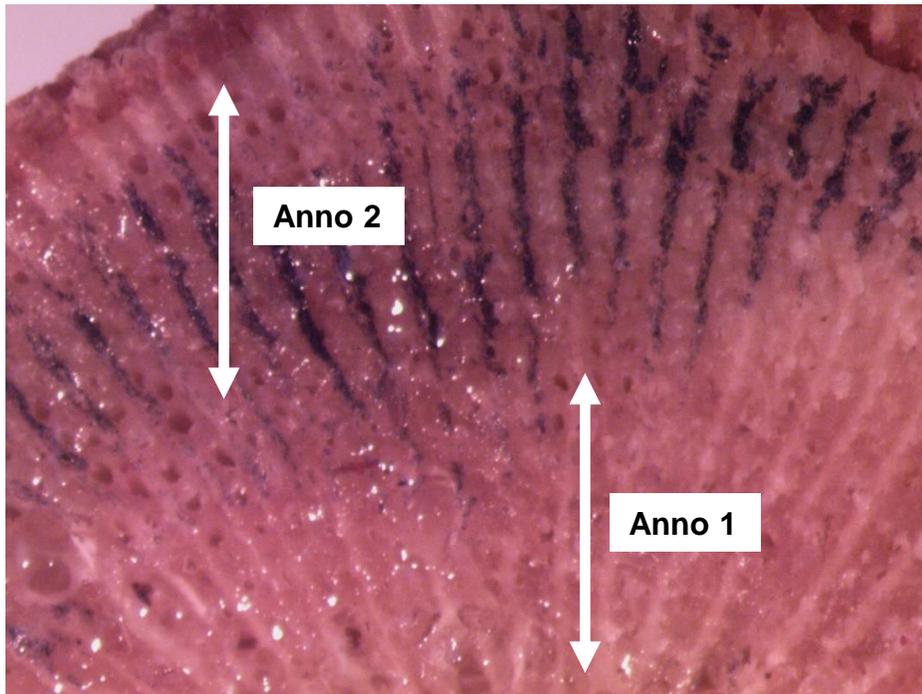
Due tipologie di xilema.

Xilema vecchio

Porzione più scura/interna e ricca di tannini. Bassa o nulla conducibilità con funzione più strutturale e di sostegno.

Xilema giovane

Porzione più chiara/esterna e conduttiva e ricca di sostanze di riserva (amido).



Sistemi per la gestione della nutrizione

Localizzazione

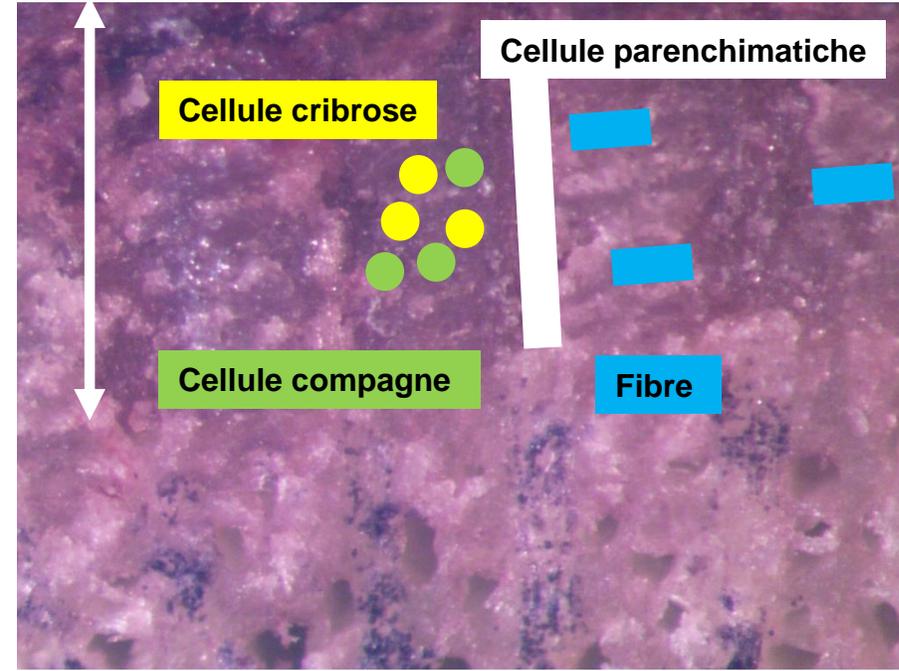
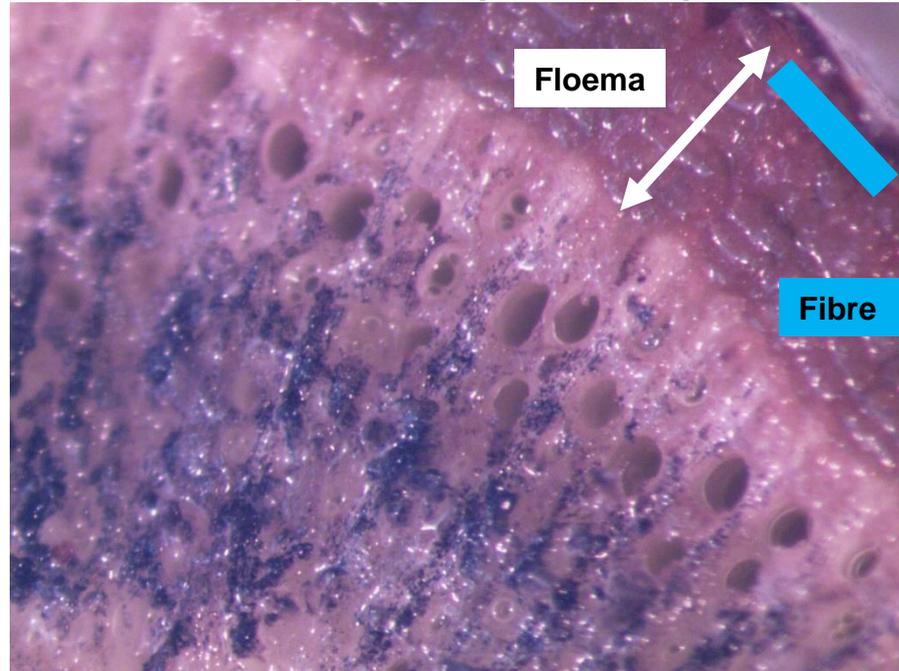
Composizione

All'esterno del cambio. Trasporta la linfa elaborata.

20% cellule conduttrici (cellule cribrose).

80% cellule non conduttrici

- a) Cellule parenchimatice (riserva).
- b) Cellule compagne (di supporto alle cellule cribrose).
- c) Fibre (struttura).



Sistemi per la gestione della nutrizione

- Riserve** I carboidrati, sotto forma soprattutto di amido, vengono accumulati sia nei tralci che nel legno di più anni di età (cordoni, branche, ceppo).
Il massimo accumulo di amido si verifica alla caduta delle foglie, mentre si riduce nettamente alla fine dell'ecodormienza prima del germogliamento.

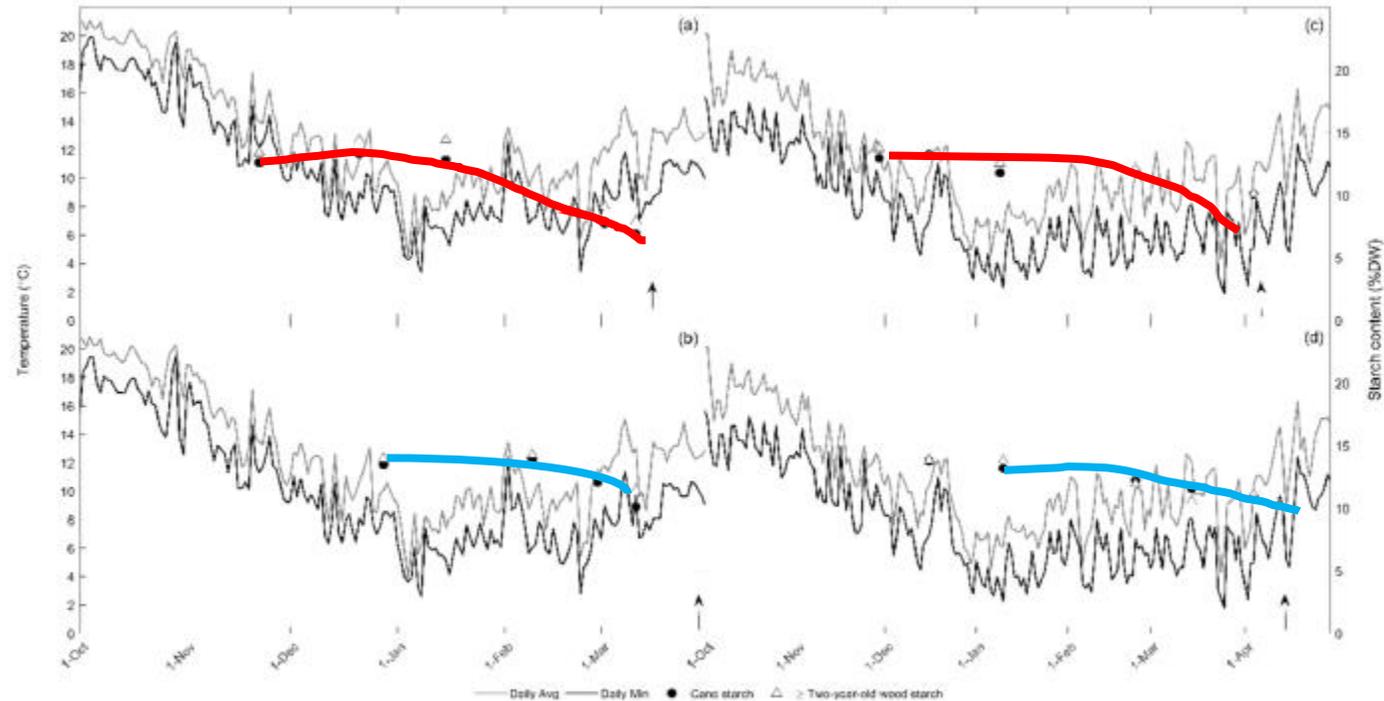
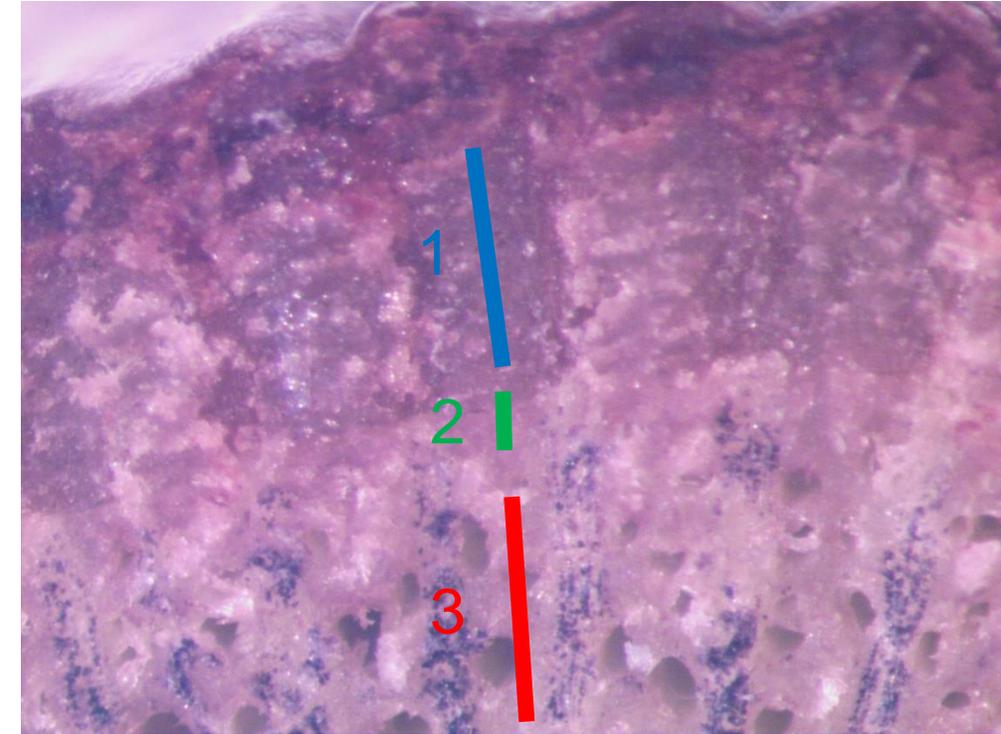
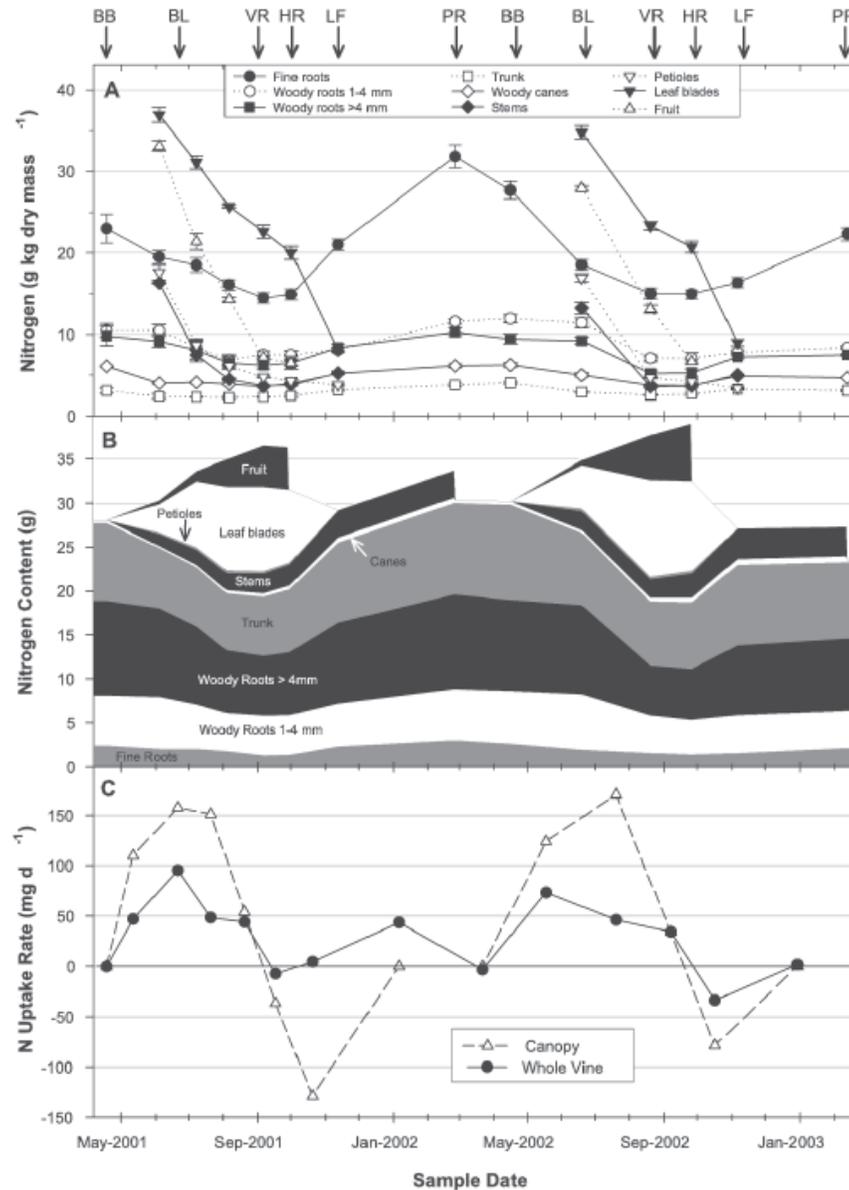


Fig. 2. Daily average and minimum temperature and starch content (% d.w.) in one-year-old wood (cane) and ≥ 2 -year-old wood of Superior seedless (a), Princess seedless (b), Luisa (c) and Arra 15 (d) at different pruning times. Arrows indicate date of budbreak for each cultivar.

Sistemi per la gestione della nutrizione

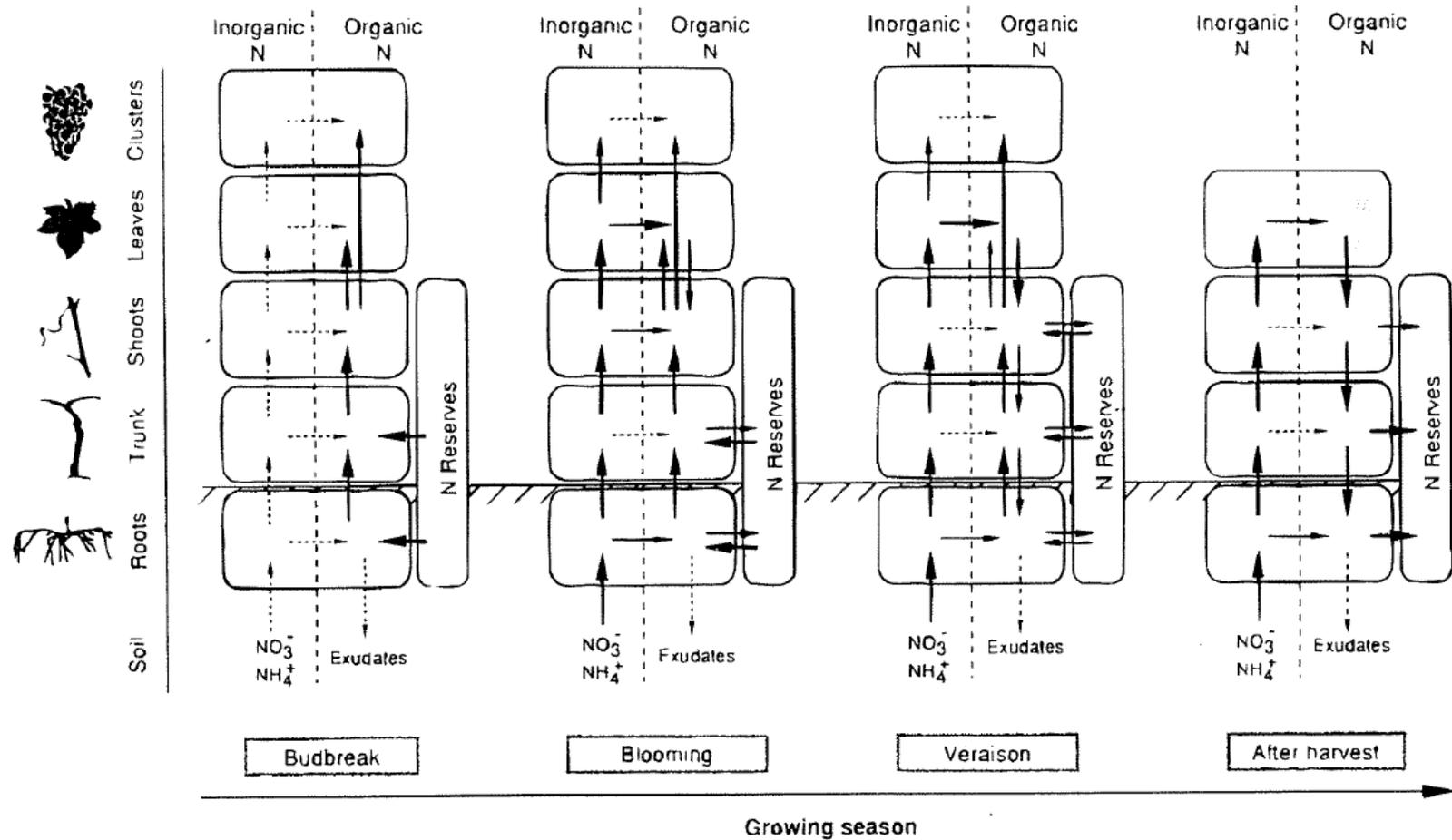
Notevole assorbimento di N a partire dalla fioritura in Pinot noir (Schreiner et al., 2006)



1. Floema
2. Cambio
3. Xilema

Sistemi per la gestione della nutrizione

Al germogliamento flusso di N dagli organi di riserva in forma prevalentemente organica, in particolare arginina (Wermelinger, 1991).



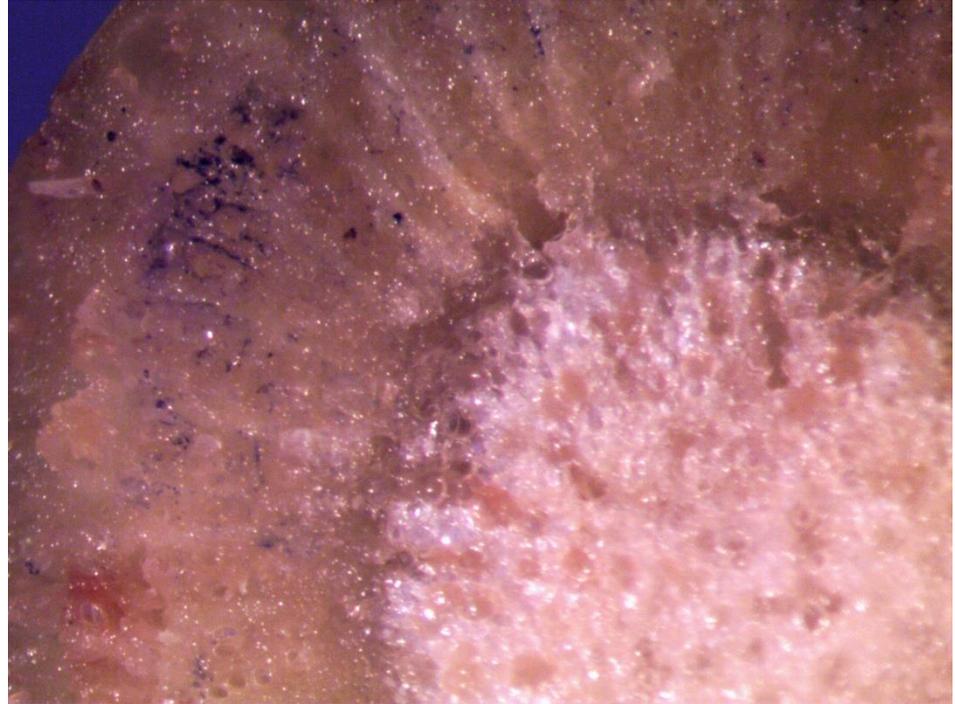
Sistemi per la gestione della nutrizione

Vite

- ❑ Fondamentale una buona lignificazione del germoglio (tralcio). Maggiore accumulo nei tralci che hanno subito un buon processo di lignificazione.



Tralcio ben lignificato



Tralcio parzialmente erbaceo

Sistemi per la gestione della nutrizione

Estrazione della soluzione circolante



AGQ Lab

Sensori NIR



Misurazione della conducibilità elettrica



Sensori elettrochimici (con membrane selettive)

Toselli et al. (2023)

Sistemi per previsione della produzione



Foto A Dissezione allo stereomicroscopio. Foto B Determinazione della fertilità reale o di campo

Ferrara et al. (2020)

Sistemi per previsione della produzione

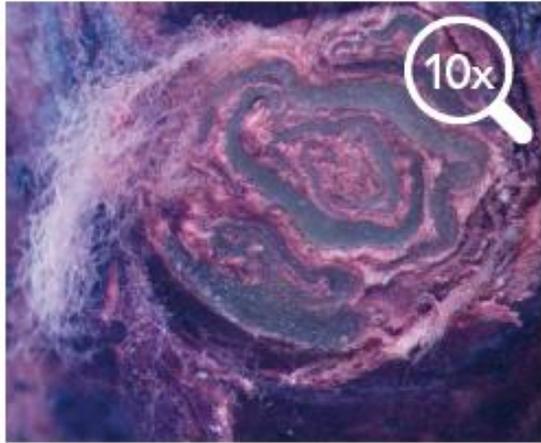


Foto 4 Infiorescenze non presenti
cv Luisa

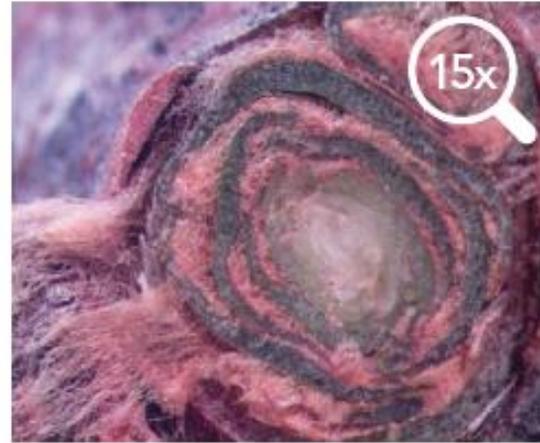


Foto 5 Primordio infiorescenza
cv Summer Royal

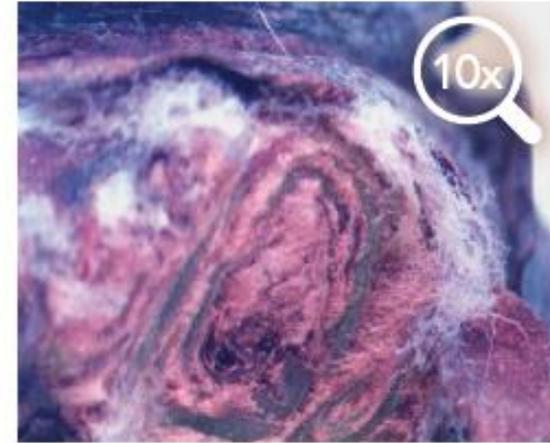


Foto 6 Gemma necrotica
cv Sugaone

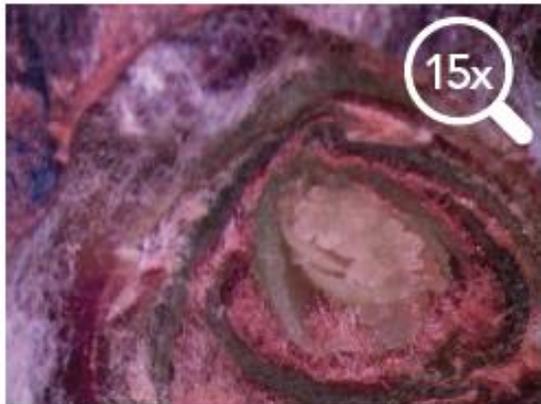


Foto 7 Due primordi infiorescenze
cv Pink Muscat



Foto 8 Primordio infiorescenza
cv Melissa

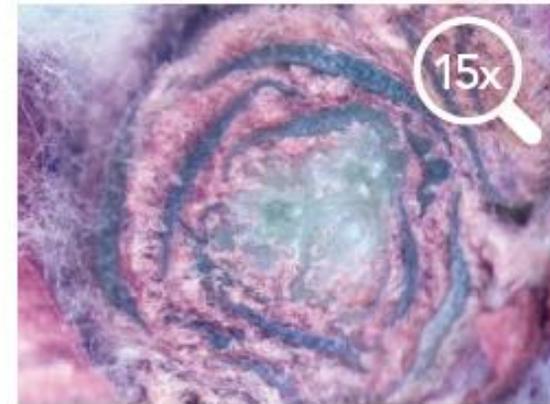
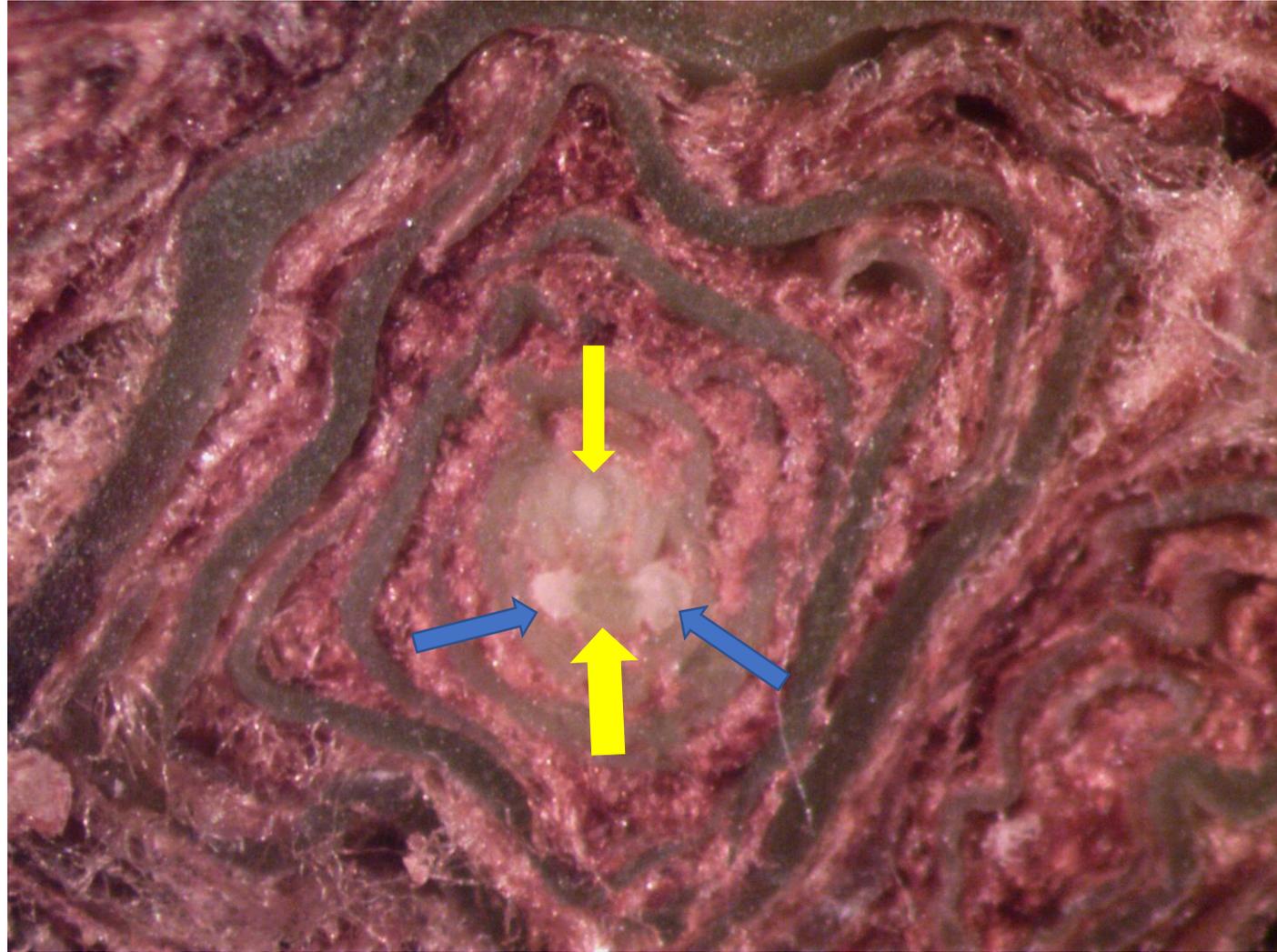


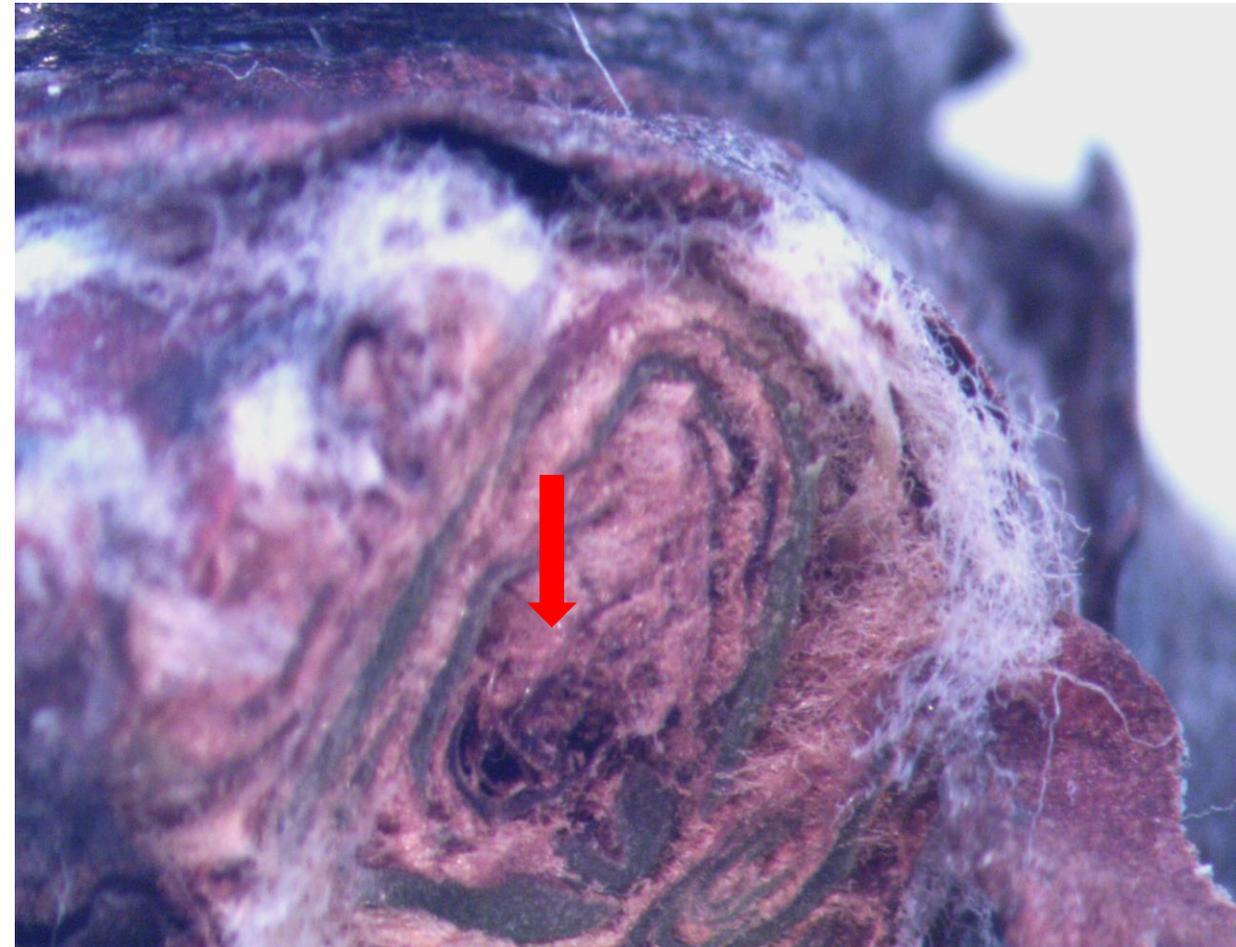
Foto 9 Due primordi infiorescenze
cv Black Magic

Ferrara et al. (2020)

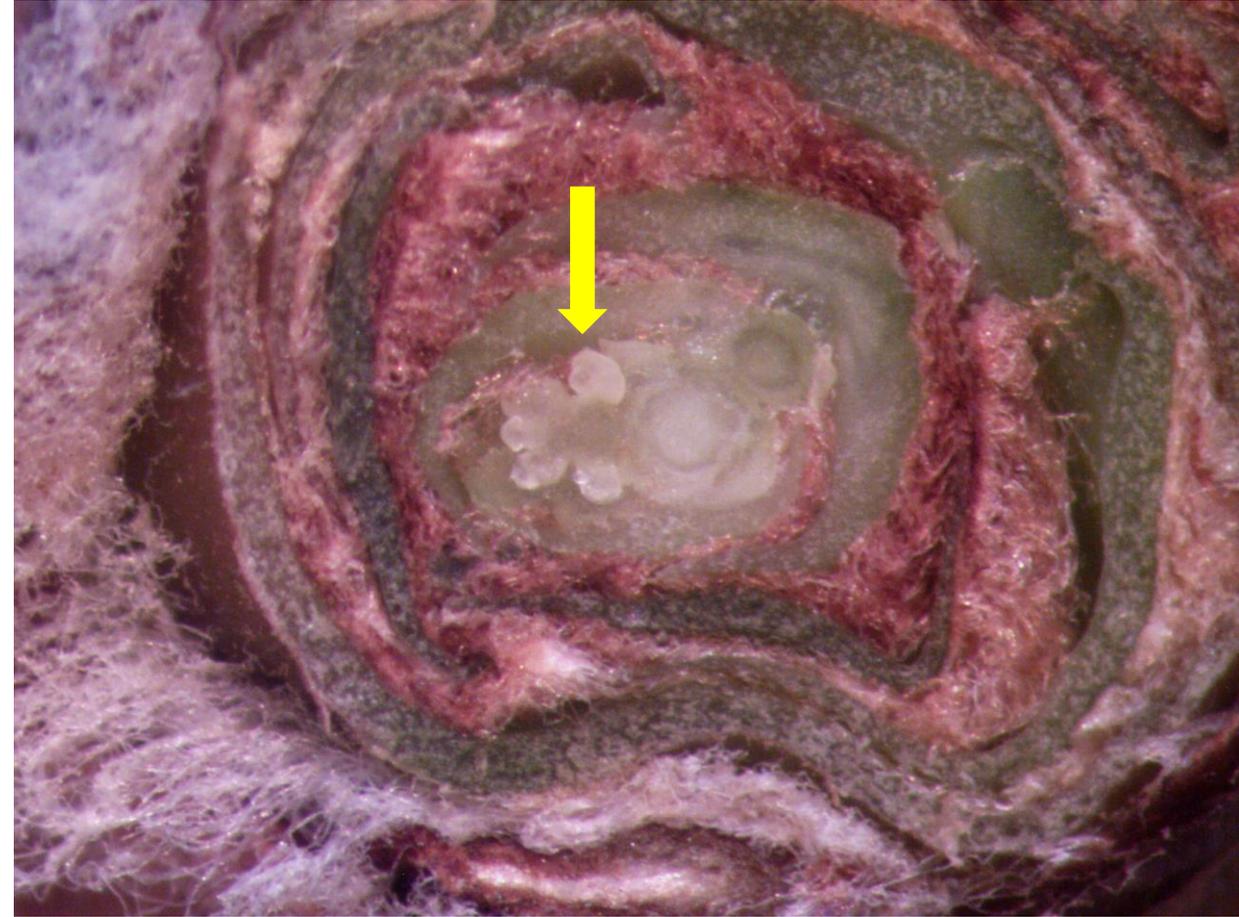
Sistemi per previsione della produzione



Sistemi per previsione della produzione



Sistemi per previsione della produzione



Sistemi per previsione della produzione

PRODUZIONE	Gemme (numero)	Peso grappolo (kg)	Ceppi (numero)	Fertilità	Produzione (quintali)	
SUBIRRIGAZIONE	6,5	0,245	3960	1,75	110	stimata bud dissection
					102	raccolta
GOCCIA	8,0	0,200	3960	1,63	103	stimata bud dissection
					96	raccolta

Grazie per l'attenzione