



Strumenti agronomici per contrastare gli stress del mais



Strategie di mitigazione dei cambiamenti climatici nelle prime fasi di sviluppo del mais

Castello di Padernello

BorgoS.Giacomo, Brescia

10 dicembre 2025





STRUMENTI AGRONOMICI PER CONTRASTARE GLI STRESS DEL MAIS

Due problemi:

1. **Un cambiamento di scenario non colto**
2. **Gli stress ambientali e i riflessi sulla coltivazione del mais**

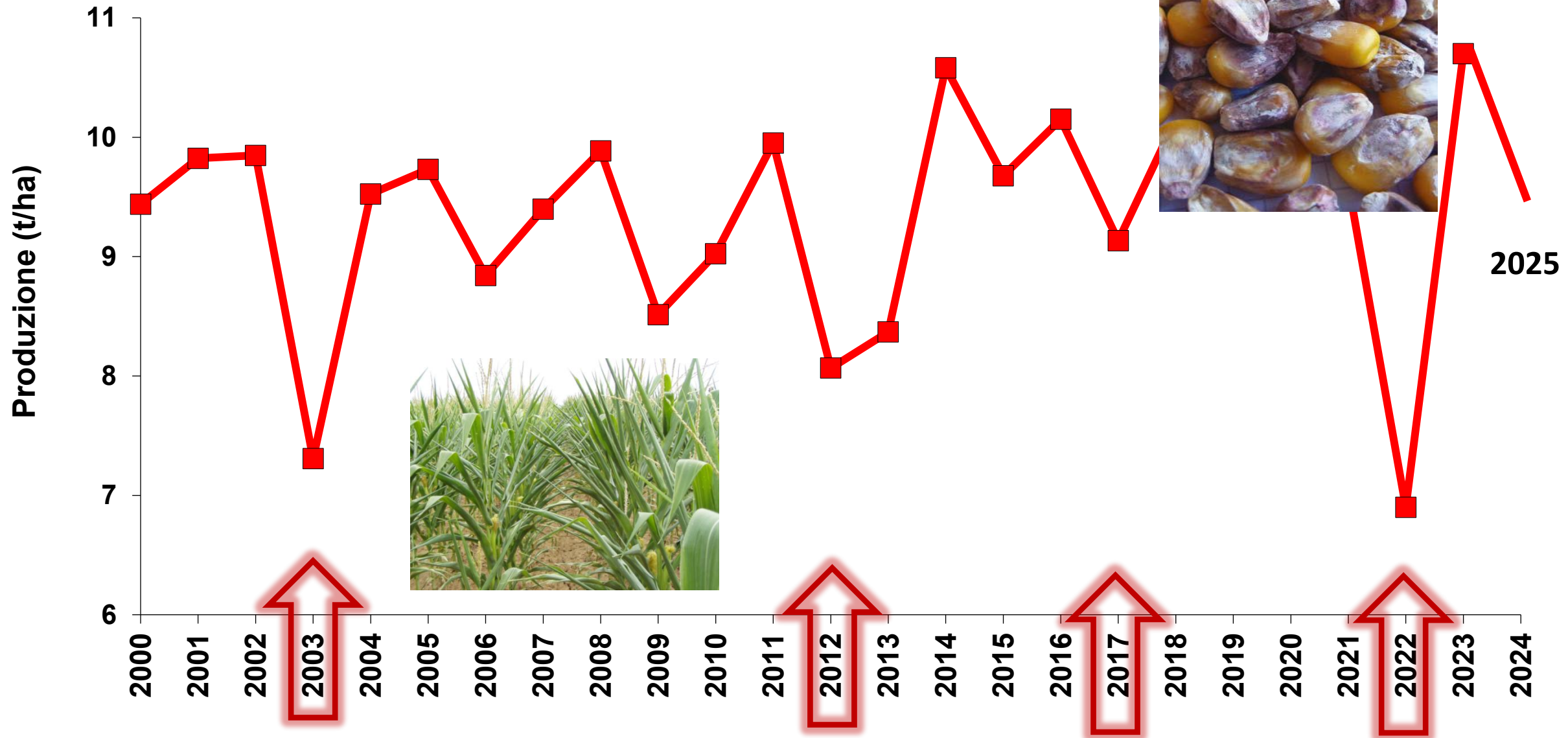
Due possibilità

1. **Opportunità per la coltura intercalare e agli ibridi ad alto standability**
2. **Early vigor e assicurazione dell'investimento culturale**

Considerazioni e prospettive



L'effetto degli andamenti meteorologici



Frisio, 2018

Campagna maidicola: stress e avversità

Confronto

Effetto:

+ poco rilevante

++ rilevante

+++ molto rilevante



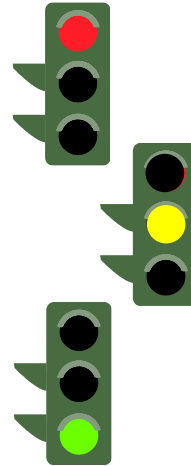
| Avversità | Rese | Qualità sanitaria | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
|----------------------|------|-------------------|----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|------------|----------|----------|----------|----------|
| Elateridi, marciumi | + | | Green | Yellow | Green | Green | Green | Green | Green | Yellow | Yellow | Yellow | Red |
| Diabrotica | ++ | + | Yellow | Green | Yellow | Green | Yellow | Green | Yellow | Yellow | Green | Green | Green |
| Virosi | (+) | | Green | Yellow | Green | Green | Green | Green | Yellow | Yellow | Yellow | Red | Green |
| Piralide | +++ | +++ | Red | Yellow | Yellow | Yellow | Green | Yellow | Red | Yellow | Yellow | Yellow | Yellow |
| Hemintosporiosi | ++ | + | Red | Yellow | Yellow | Green | Yellow | Yellow | Yellow | Green | Yellow | Yellow | Yellow |
| Muffe da Fusarium | ++ | +++ | Yellow | Green | Yellow | Yellow | Red | Green | Yellow | Yellow | Yellow | Red | Yellow |
| Muffe da Aspergillus | +(+) | +++ | Red | Yellow | Yellow | Green | Yellow | Yellow | Red | Yellow | Yellow | Yellow | Red |
| Grandine, vento | +++ | ++ | Yellow | Yellow | Yellow | Red | Red | Yellow | Red | Yellow | Red | Red | Yellow |
| Stress termici | ++ | ++ | Red | Yellow | Yellow | Green | Yellow | Yellow | Red | Red | Red | Red | Red |
| Punteggio | | | 7 | 13 | 9.5 | 14 | 10 | 14 | 8.5 | 6 | 9 | 6 | 8 |



Gestione di stress e avversità

Contaminazione

- Elevata e diffusa
- Elevata ma non diffusa
- Bassa e non diffusa



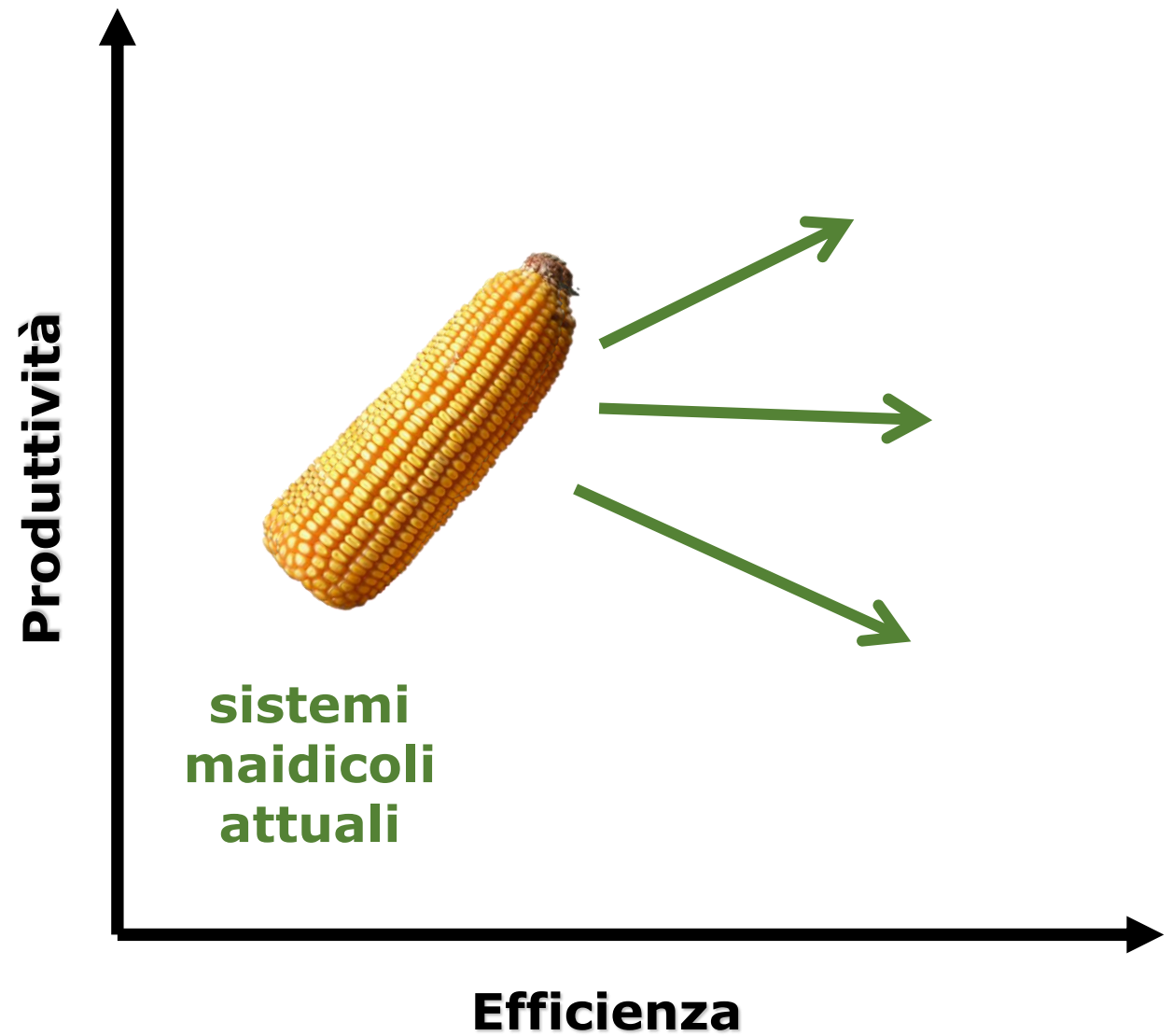
Significato della qualità (€/t)

- Nazionale 242
- Naz. zootecnico con caratteristiche 260 + 7%
- Alimentare 298 +23%

Granaria Milano settembre:ottobre 2025

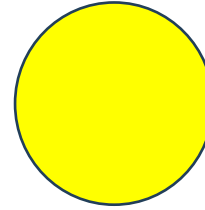
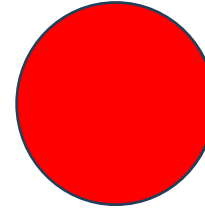
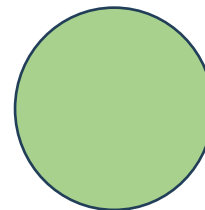
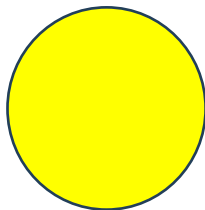
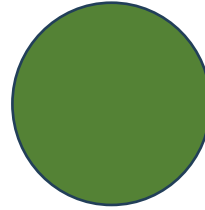
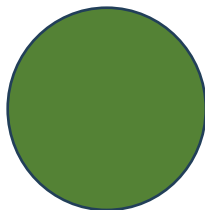
| Mais nazionale | | | |
|----------------|--------|----------|-----------|
| Year | AFB1 | FU B1+B2 | DON - ZEA |
| 1996 | Green | Yellow | Red |
| 1997 | Green | Yellow | Green |
| 1998 | Green | Yellow | Green |
| 1999 | Yellow | Green | Green |
| 2000 | Green | Green | Green |
| 2001 | Yellow | Yellow | Green |
| 2002 | Green | Red | Red |
| 2003 | Red | Yellow | Green |
| 2004 | Yellow | Yellow | Green |
| 2005 | Yellow | Red | Yellow |
| 2006 | Green | Red | Green |
| 2007 | Green | Green | Green |
| 2008 | Yellow | Yellow | Green |
| 2009 | Green | Green | Green |
| 2010 | Yellow | Yellow | Yellow |
| 2011 | Green | Green | Green |
| 2012 | Red | Red | Green |
| 2013 | Yellow | Red | Yellow |
| 2014 | Green | Red | Red |
| 2015 | Red | Yellow | Green |
| 2016 | Yellow | Yellow | Green |
| 2017 | Yellow | Yellow | Green |
| 2018 | Green | Yellow | Green |
| 2019 | Yellow | Red | Green |
| 2020 | Green | Yellow | Green |
| 2021 | Yellow | Yellow | Green |
| 2022 | Red * | Yellow | Green |
| 2023 | Yellow | Yellow | Green |
| 2024 | Red | Red | Yellow |
| 2025 | Red | Yellow | Green |

Dati: CREA RQC- Mais DISAFA,
COMPBI MAIS dataset



*Food
security*

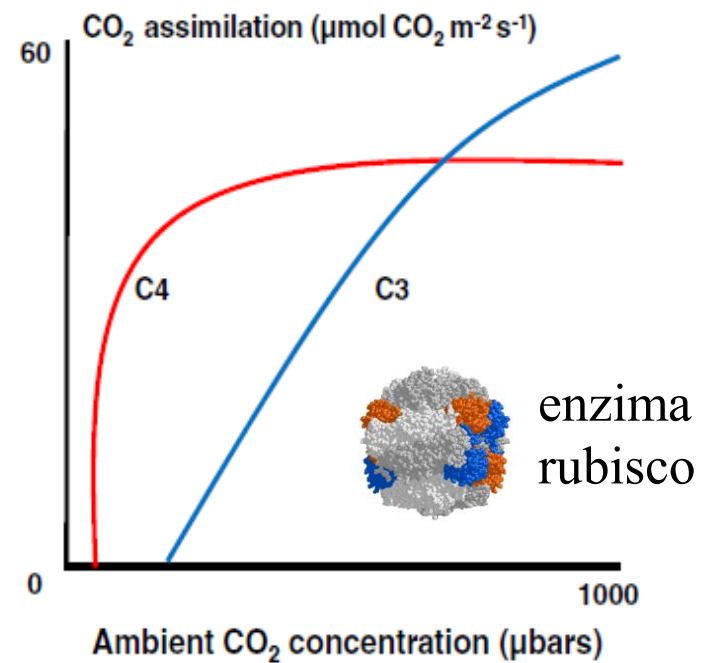
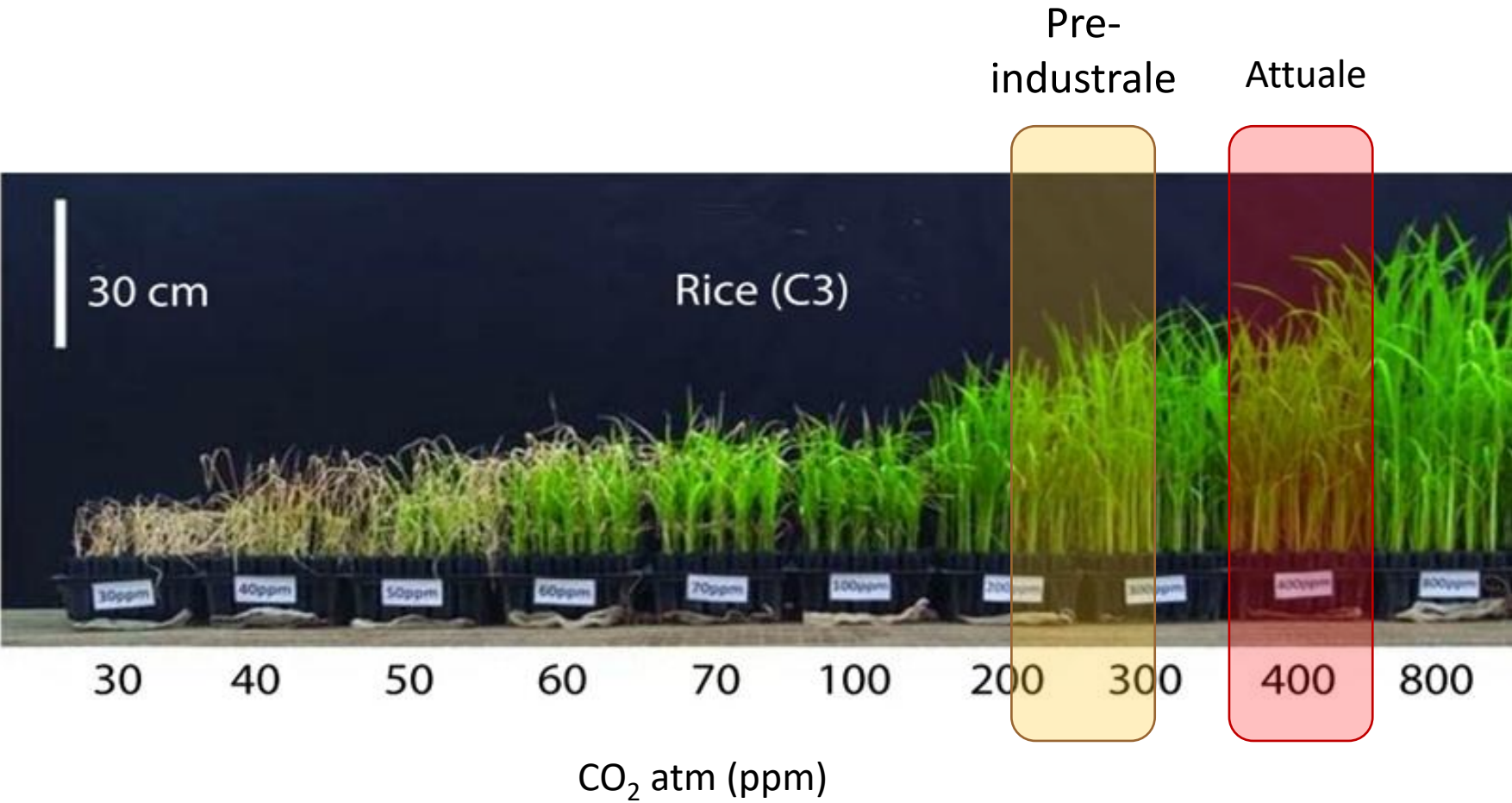
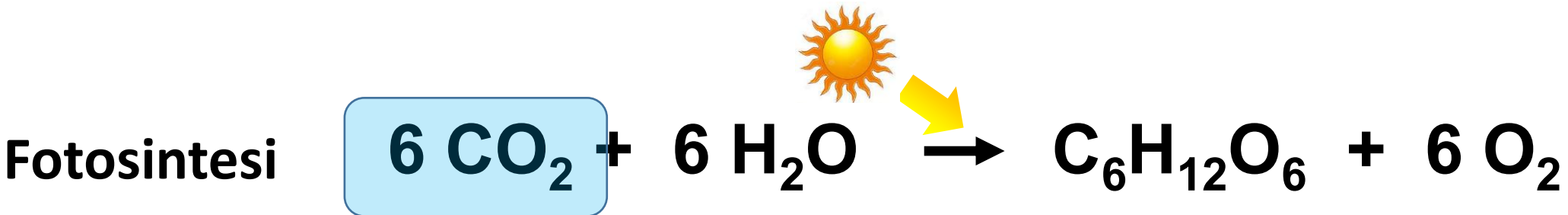
*Mitigazione
climate change*



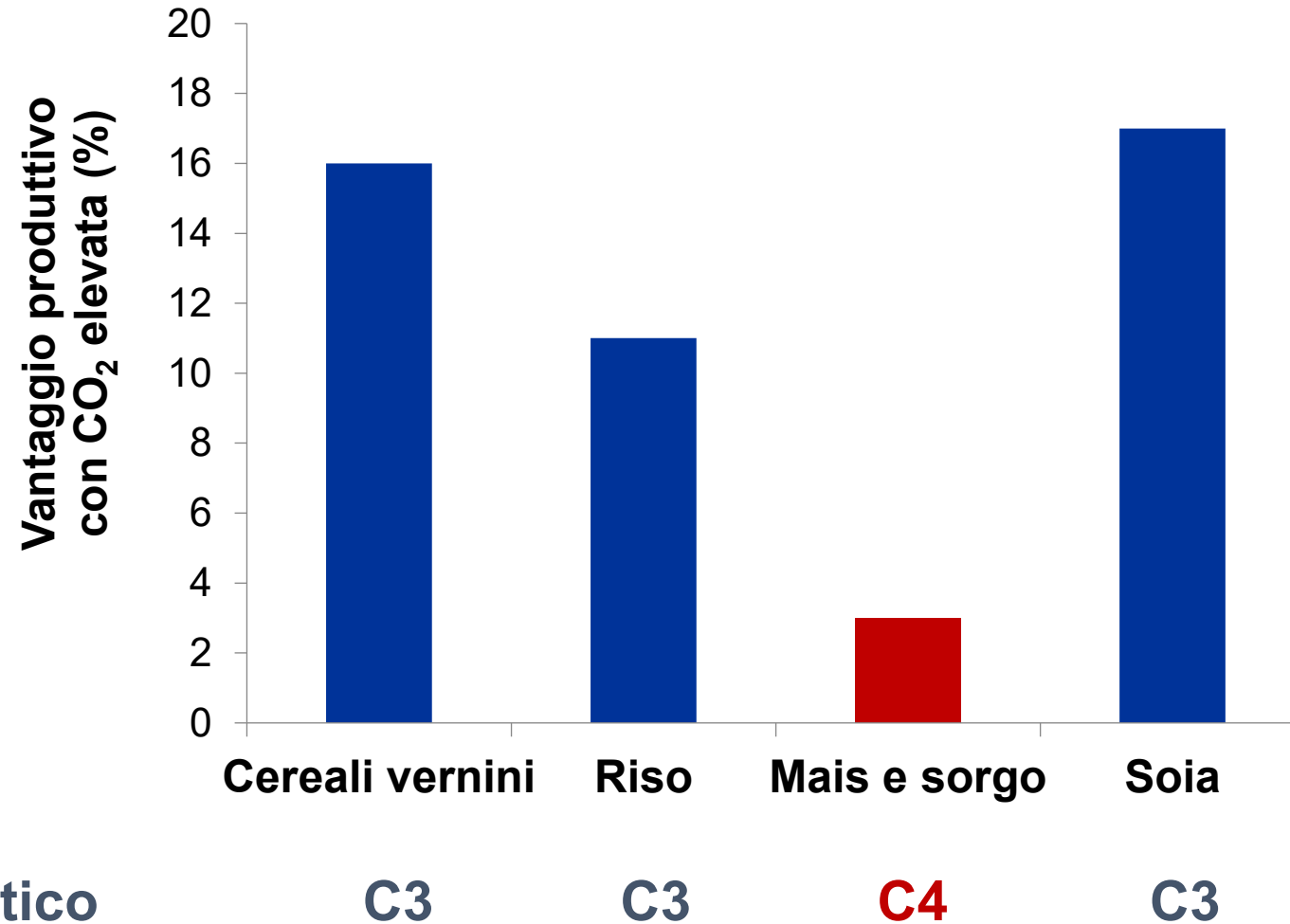
Il Cambiamento climatico si manifesta in 3 principali aspetti sugli agro-ecosistemi:

- 1. Aumento della concentrazione dei gas serra (GHG)**
- 2. Aumento della temperature e variazioni della sua manifestazione**
- 3. Variazione dell'entità e della distribuzione delle precipitazioni**





Sperimentazioni FACE: effetto sulla produttività delle colture erbacee



Sistema
Fotosintetico

Blandino et al., 2020

Blumenthal et al., 1996

Verrillo et al., 2017

O'Leary et al., 2015

Ewert et al., 2002

Högy et al., 2008-2009

Ko et al., 2010

Manderscheid et al., 2009

Kim et al., 2001

Hasegawa et al., 2013

Yang et al., 2007

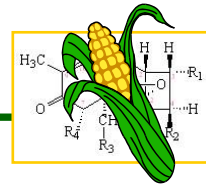
Fu et al., 2016a-b

Black et al., 2017

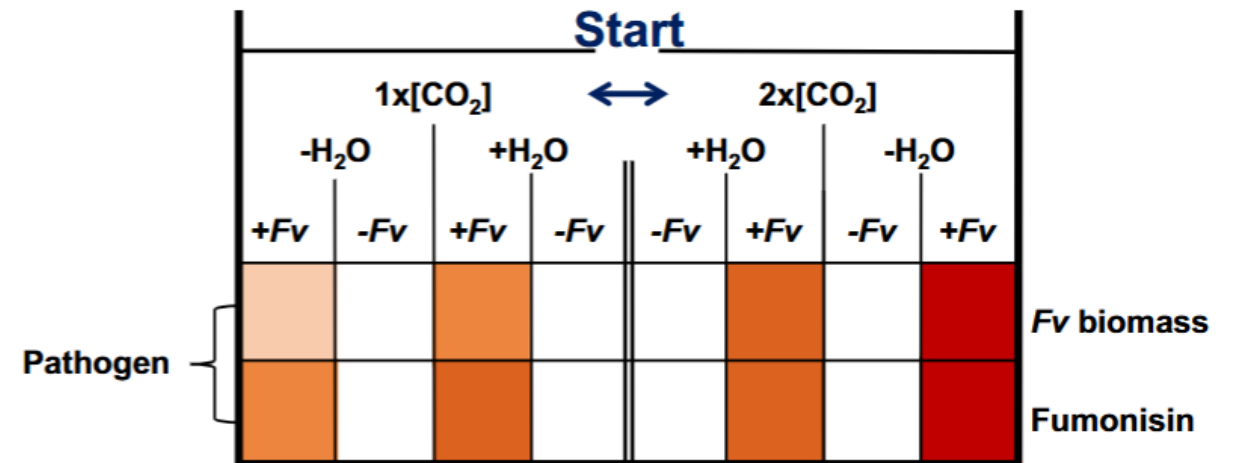
Manderscheid et al., 2014

Wall et al., 2001

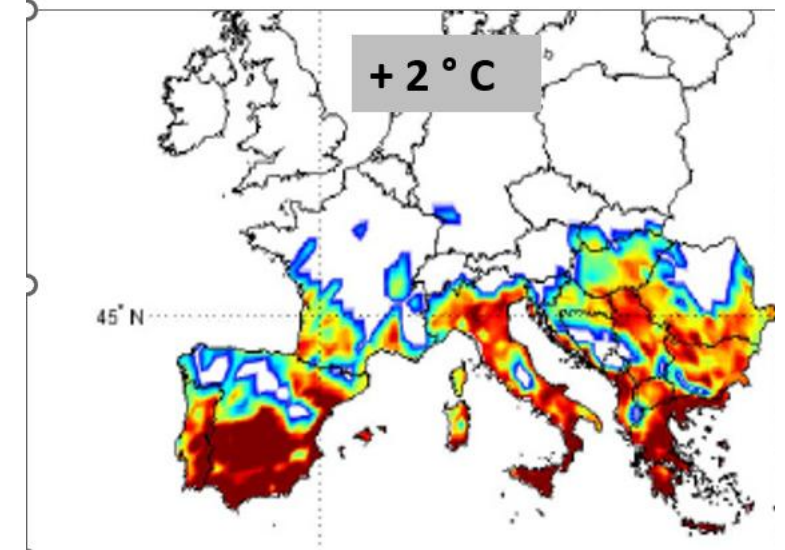
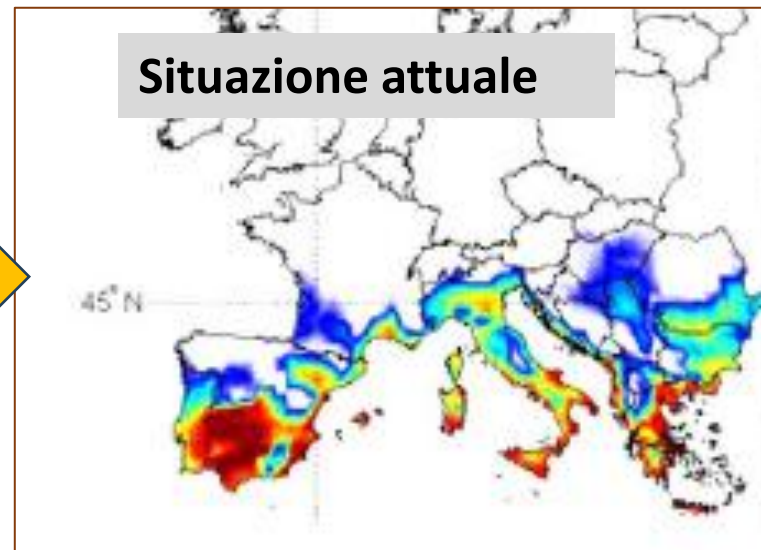
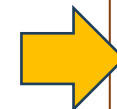
Cambiamento climatico e rischio di contaminazione



Aumento di CO₂ → aumento livelli di Fumonisine e Aflatossine



Vaughan et al., 2016



Il Cambiamento climatico si manifesta in 3 principali aspetti sugli agro-ecosistemi:

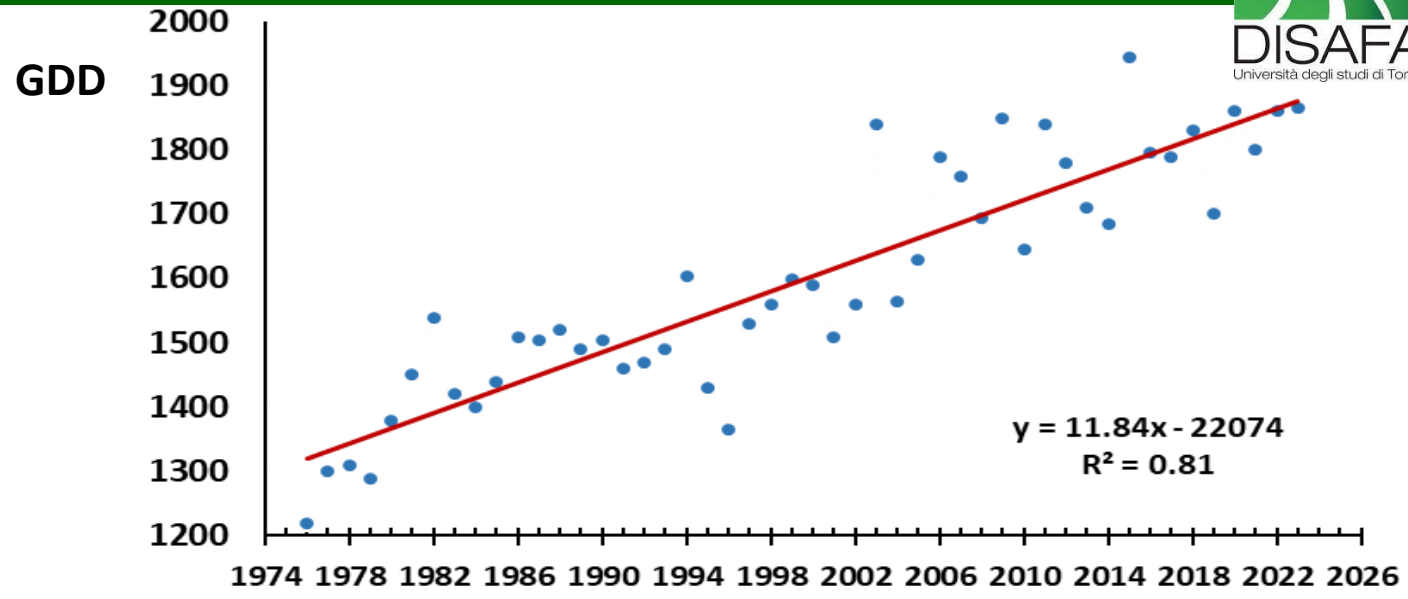
1. **Aumento della concentrazione dei gas serra (GHG)**
2. **Aumento della temperature e variazioni della sua manifestazione**
3. **Variazione dell'entità e della distribuzione delle precipitazioni**



Variazioni di temperatura e ciclo culturale del mais

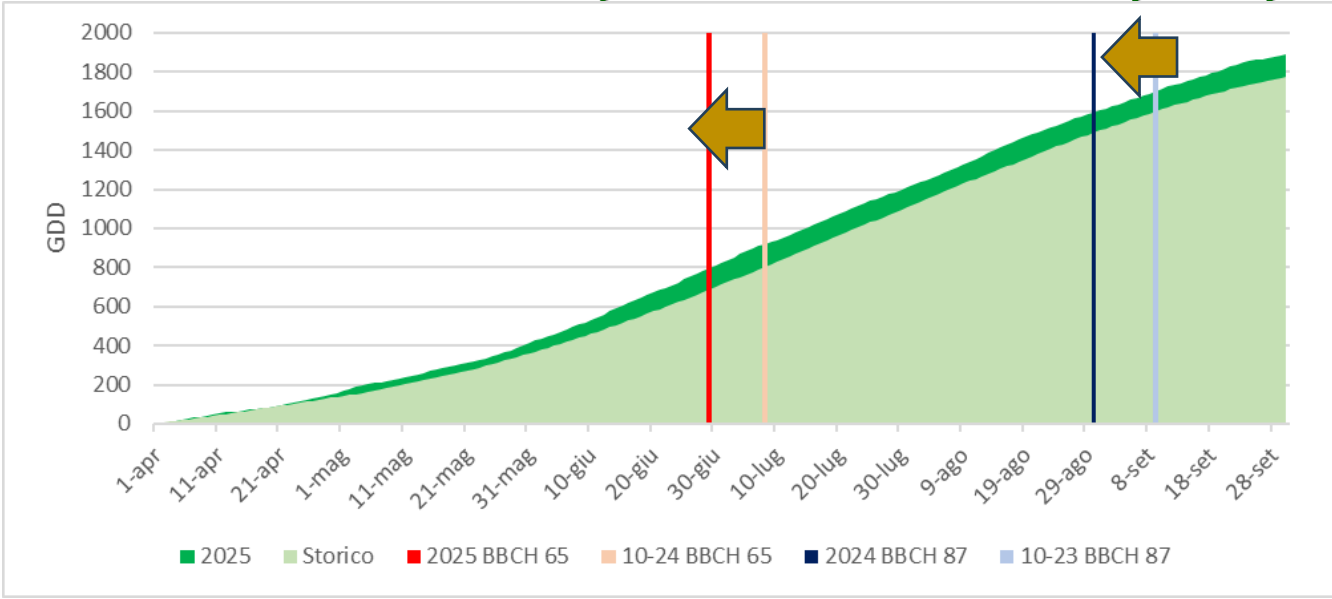


Evoluzione della **somma termica** apr – sett.
(1976 - 2023) – Carmagnola (TO)



Anticipo della fioritura

Anticipo del punto nero

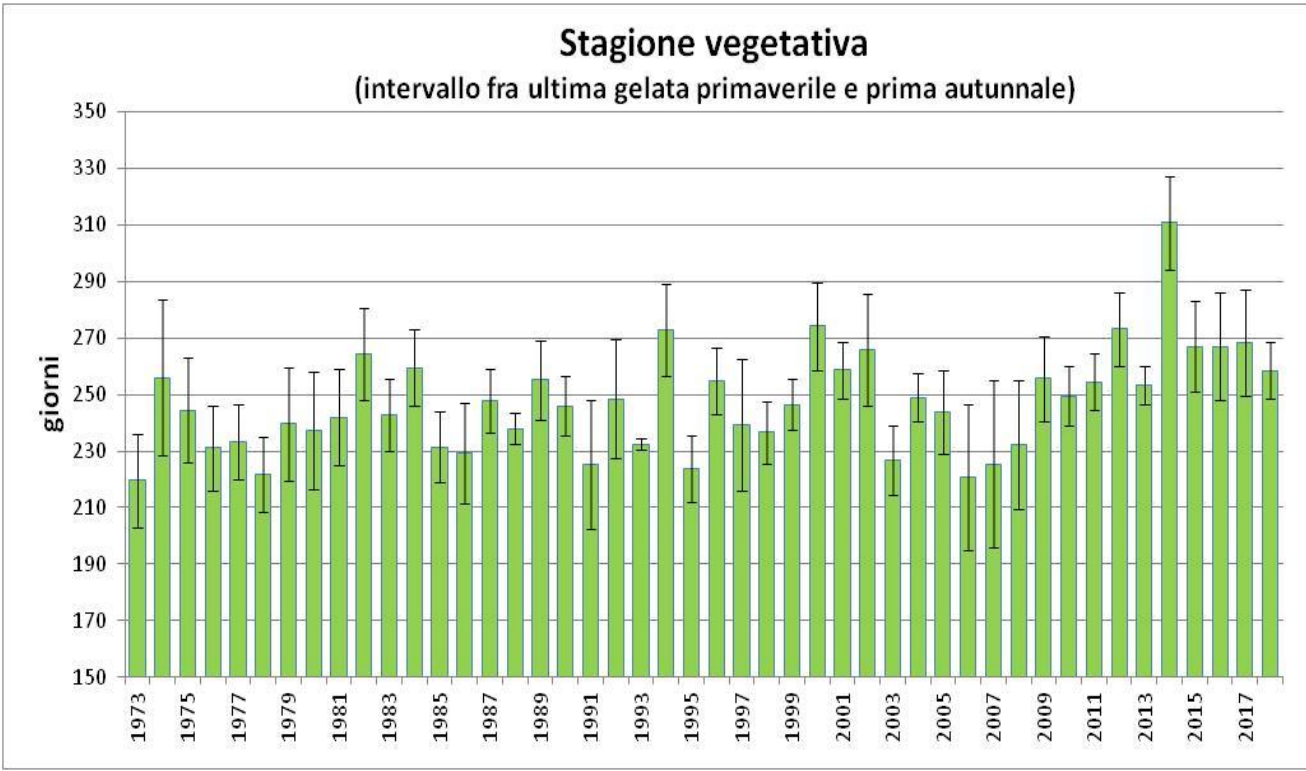


Data di semina a Carmagnola
 1980- 1989: 6 maggio
 1990-1999: 30 aprile
 2000-2010: 10 aprile
 2010 – 2020: 2 aprile

Variazioni di temperatura e ciclo culturale del mais



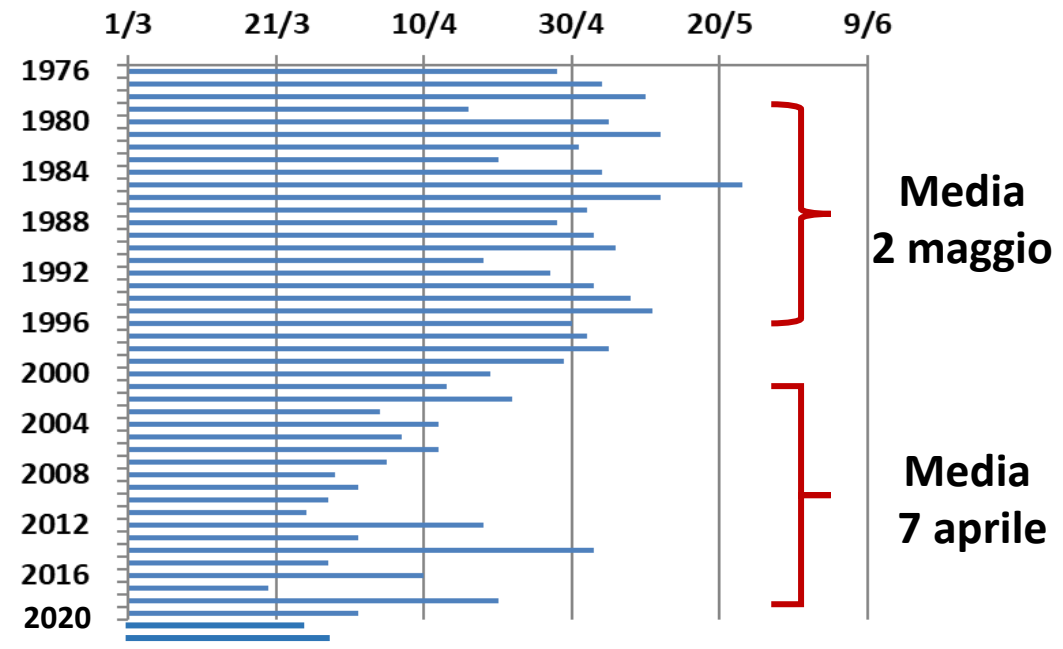
Durata della stagione vegetativa 1976:2021 Carmagnola (TO)



Si registra un leggero anticipo (+14 d dal '80) della ripresa, ma la variabilità interannuale è molto forte

Mariani, 2022

Data di semina del mais Carmagnola (TO)

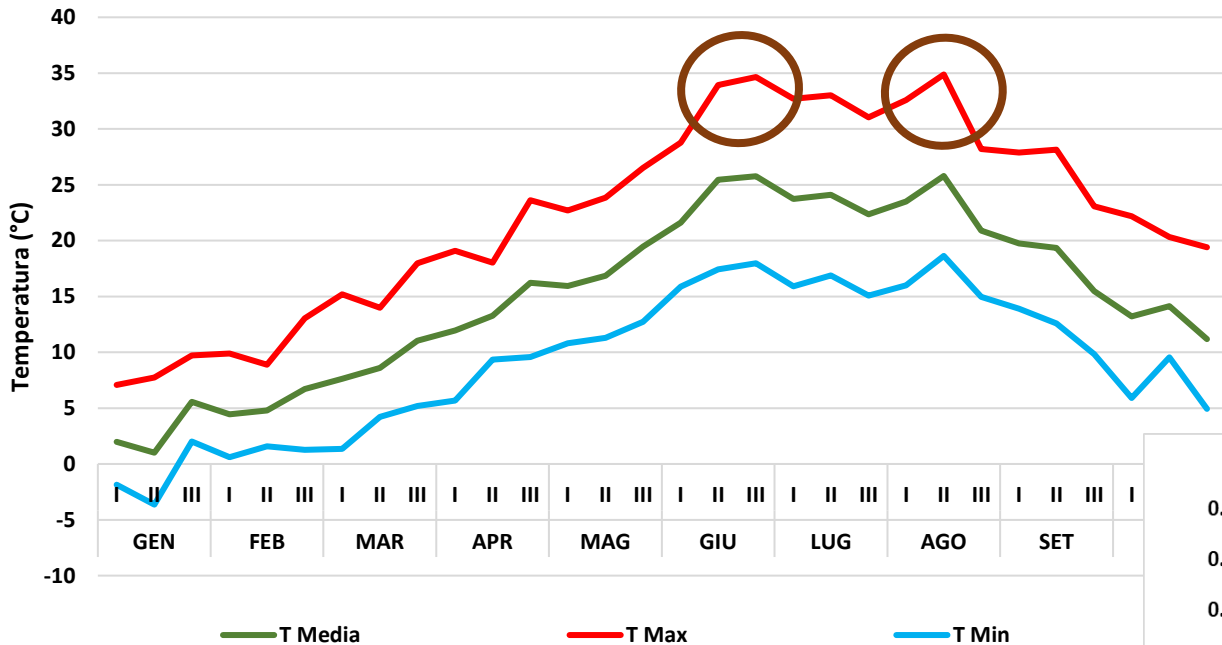


Anticipo della semina del mais negli anni ma interazione tra effetto del cambiamento climatico e nuova genetica

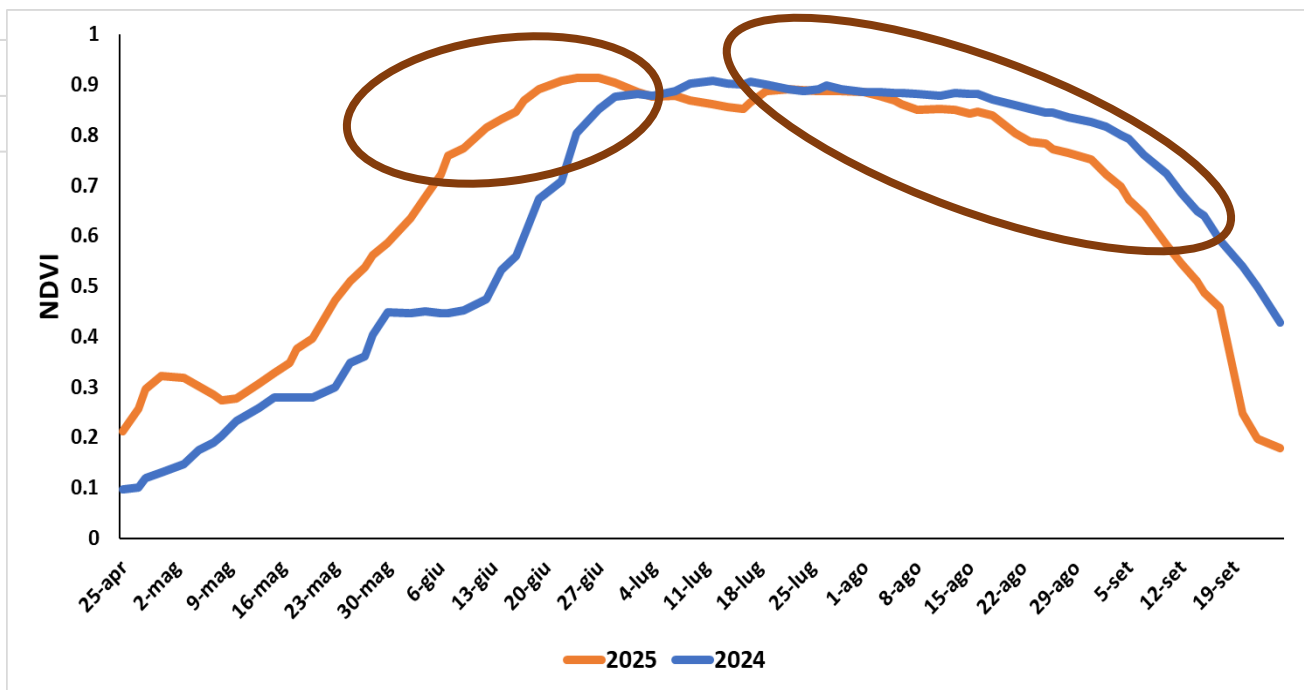
Dati ed elaborazioni DISAFA, 2022

Un esempio: Campagne maidicole

Andamento delle temperature (Villafranca P.te 2026)



(da Meloni et al. 2026).



Il Cambiamento climatico si manifesta in 3 principali aspetti sugli agro-ecosistemi:

- 1. Aumento della concentrazione dei gas serra (GHG)**
- 2. Aumento della temperature e variazioni della sua manifestazione**
- 3. Variazione dell'entità e della distribuzione delle precipitazioni**



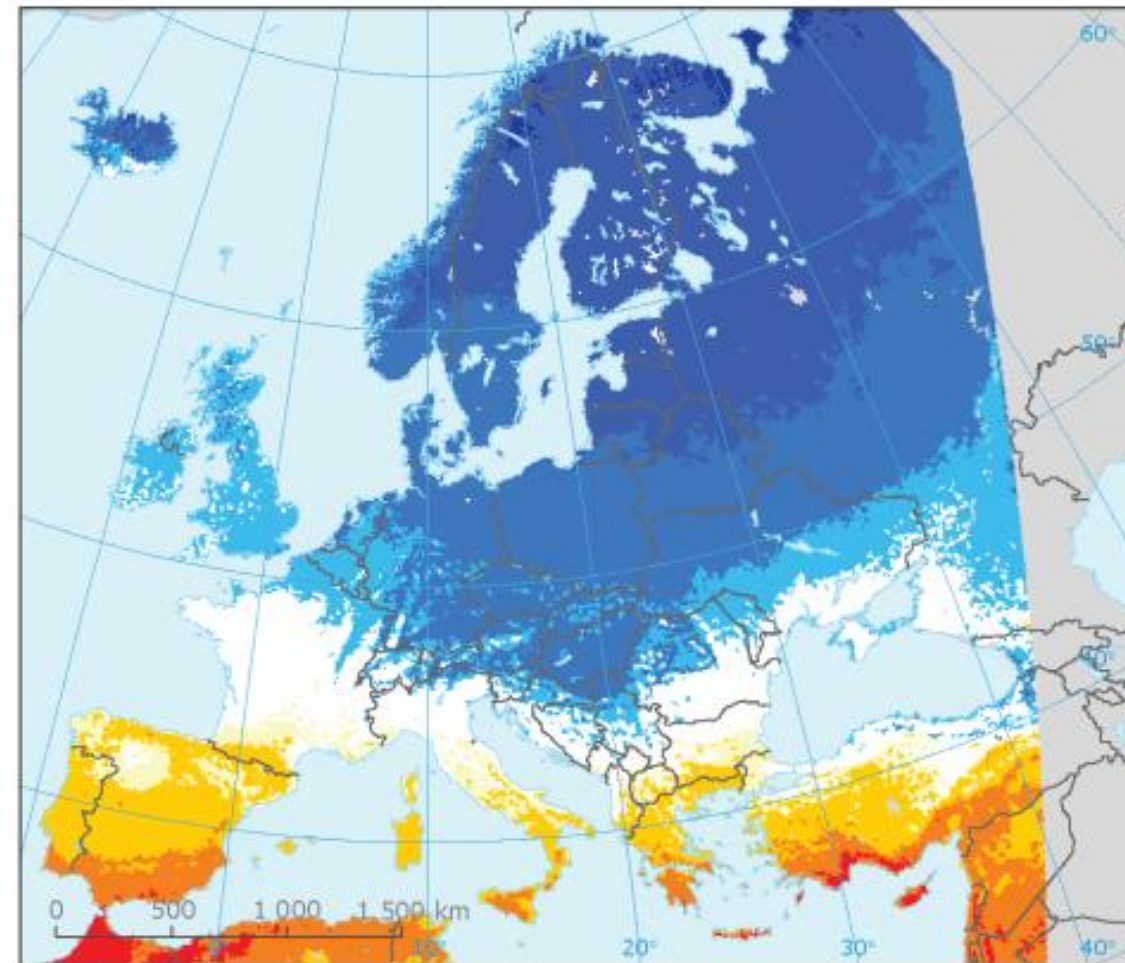
3. Variazione entità e distribuzione delle precipitazioni

Previsione delle variazioni sull'entità annuale (2100 vs 2000)

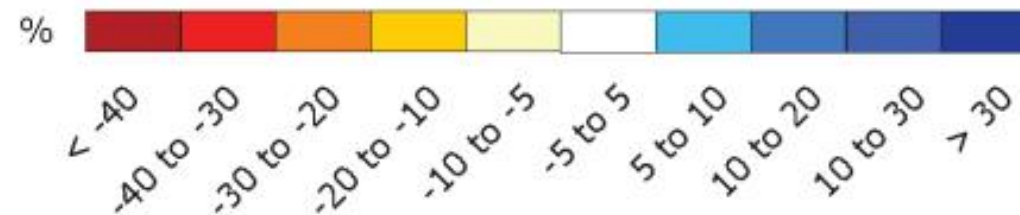
Evoluzione difficilmente prevedibile e non lineare delle precipitazioni e della loro distribuzione (ISPRA, 2018)



Forte incertezza



annual precipitation (right)



Evoluzione delle precipitazioni e delle temperature

Nel 2022:2023 forte accelerazione dei processi di cambiamento

| | 1980:2000 | 2000:2021 | 2022:2023 (2024)** |
|--|---------------|------------|-----------------------|
| Giorni di pioggia (n.)* | 78 | 81 | 64 (75) |
| Giorni di pioggia intensa (> 40 mm/h) o grandine** | < 1 | 1.5 | 2 (3) |
| Giorni > 30°C (n.)* | 40 | 51 | 74 (70) |
| Giorni > 35 °C (n.)* | 1 | 3 | 10 (14) |

(*) Dati da 10 località Piemonte:Lombardia

(**) Dati da 2 località

Andamento deficit idrico durante il ciclo colturale del mais

* secondo Blaney Criddle

| Periodo | Precipitazioni (mm) | ETP* (mm/d) | Deficit (mm) |
|-----------|---------------------|-------------|--------------|
| 1976:1985 | 437 | 5.12 | -119.8 |
| 1986:1995 | 482 | 5.23 | -92.4 |
| 1996:2005 | 431 | 5.29 | -150.3 |
| 2006:2015 | 477 | 5.42 | -117.9 |
| 2016:2024 | 440 | 5.57 | -185.7 |



**esigenze irrigue
più elevate**

(per aumento temp.)

Aumento tendenziale del deficit idrico dovuto ad una crescita delle temperature più che ad una riduzione delle precipitazioni

Rischio più frequente di **eventi estremi**





STRUMENTI AGRONOMICI PER CONTRASTARE GLI STRESS DEL MAIS

Due problemi:

1. Un cambiamento di scenario non colto

2. Gli stress ambientali e i riflessi sulla coltivazione del mais

Due possibilità

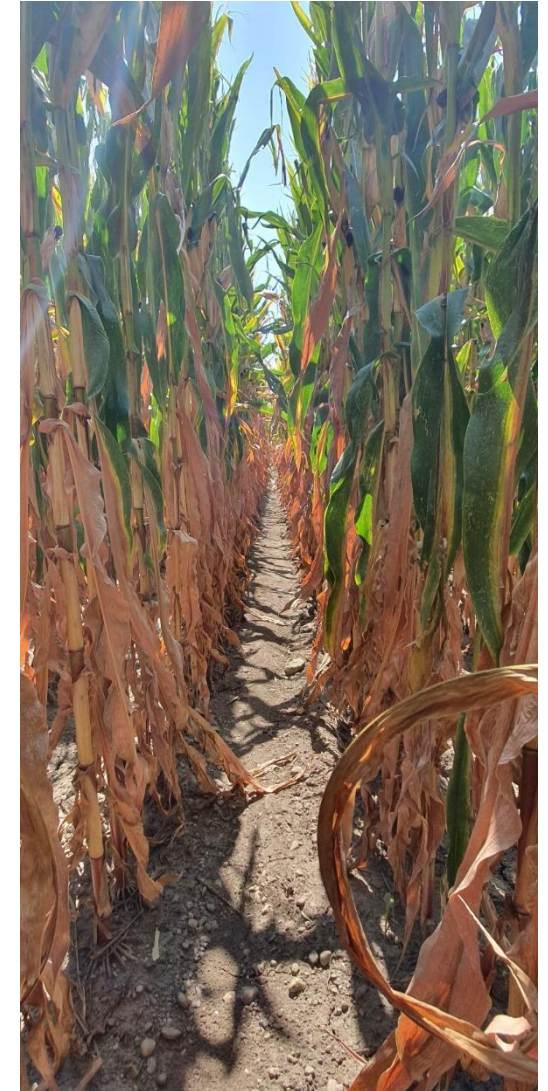
1. Opportunità per la coltura intercalare e agli ibridi ad alto standability

2. Early vigor e assicurazione dell'investimento culturale

Considerazioni e prospettive



Strumenti agronomici per contrastare lo stress idrico



Strategie agronomiche di gestione del rischio meteorologico

| Variabile meteorologica | Manifestazione | Interventi agronomici preventivi | Interventi agronomici curativi |
|--------------------------|----------------------------------|---|---|
| Stress idrico da carenza | Precoce primaverile | Stimolo early vigor Densità di semina: riduzione Ibrido: precoce, tollerante stress | Concimazione Starter NP Applicazione biocompetitori Applicazione antistress con diserbo |
| | Emissione pennacchio - Fioritura | Stimolo early vigor Ibrido: precoce, tollerante stress | Turni irrigui brevi Conversione a trinciato |
| | Maturazione latteo-cerosa | Ibrido: precoce, tollerante | Ritardo ultima irrigazione |
| Stress idrico da eccesso | Precoce primaverile | Sistemazione idraulica Diserbo in pre-emergenza | Trattamenti fogliari (bioattivatori) |
| | Emissione pennacchio - Fioritura | Sistemazione idraulica | Trattamenti fogliari (bioattivatori) |
| | Maturazione di raccolta | Ibrido: corretto ciclo, tolleranza al DON | Difesa piralide |

Strumenti agronomici per contrastare gli stress del eventi estremi



Il cambio di scenario e il cambiamento climatico

Evoluzione delle precipitazioni e delle temperature
Nel 2022:2023 forte accelerazione dei processi di cambiamento

| | 1980:2000 | 2000:2021 | 2022:2023 (2024)** |
|--|---------------|------------|-----------------------|
| Giorni di pioggia (n.)* | 78 | 81 | 64 (75) |
| Giorni di pioggia intensa (> 40 mm/h) o grandine** | < 1 | 1.5 | 2 (3) |
| Giorni > 30°C (n.)* | 40 | 51 | 74 (70) |
| Giorni > 35 °C (n.)* | 1 | 3 | 10 (14) |

(*) Dati da 10 località Piemonte:Lombardia

(**) Dati da 2 località





Strategie agronomiche di gestione del rischio meteorologico

Adattamento: modifica delle tecniche colturali per rispondere al cambiamento climatico

| Variabile meteorologica | Manifestazione | Interventi agronomici preventivi | Interventi agronomici curativi |
|-------------------------|----------------------------------|---|---|
| Temperatura | Abbassamenti termici primaverili | Semina: posticipo Stimolo early vigor | Concimazione starter NP e m.e. Applicazione di biostimolanti |
| | Eccessi termici estivi | Semina: anticipo Ibrido: più precoce, tollerante, Stimolo early vigor | Concimazione starter NP e m.e. Applicazione di biostimolanti |
| Grandine | Primaverile | Stimolo early vigor | Risemina con ibrido più precoce |
| | Emissione pennacchio - Fioritura | Ibrido alta standability Concimazione equilibrata | Conversione a trinciato "Difesa da piralide" |
| | Maturazione latteo-cerosa | Ibrido alta standability | Conversione a trinciato |
| Tromba d'aria | Emissione pennacchio - Raccolta | Ibrido alta standability | |



STRUMENTI AGRONOMICI PER CONTRASTARE GLI STRESS DEL MAIS

Due problemi:

1. **Un cambiamento di scenario non colto**
2. **Gli stress ambientali e i riflessi sulla coltivazione del mais**

Due possibilità

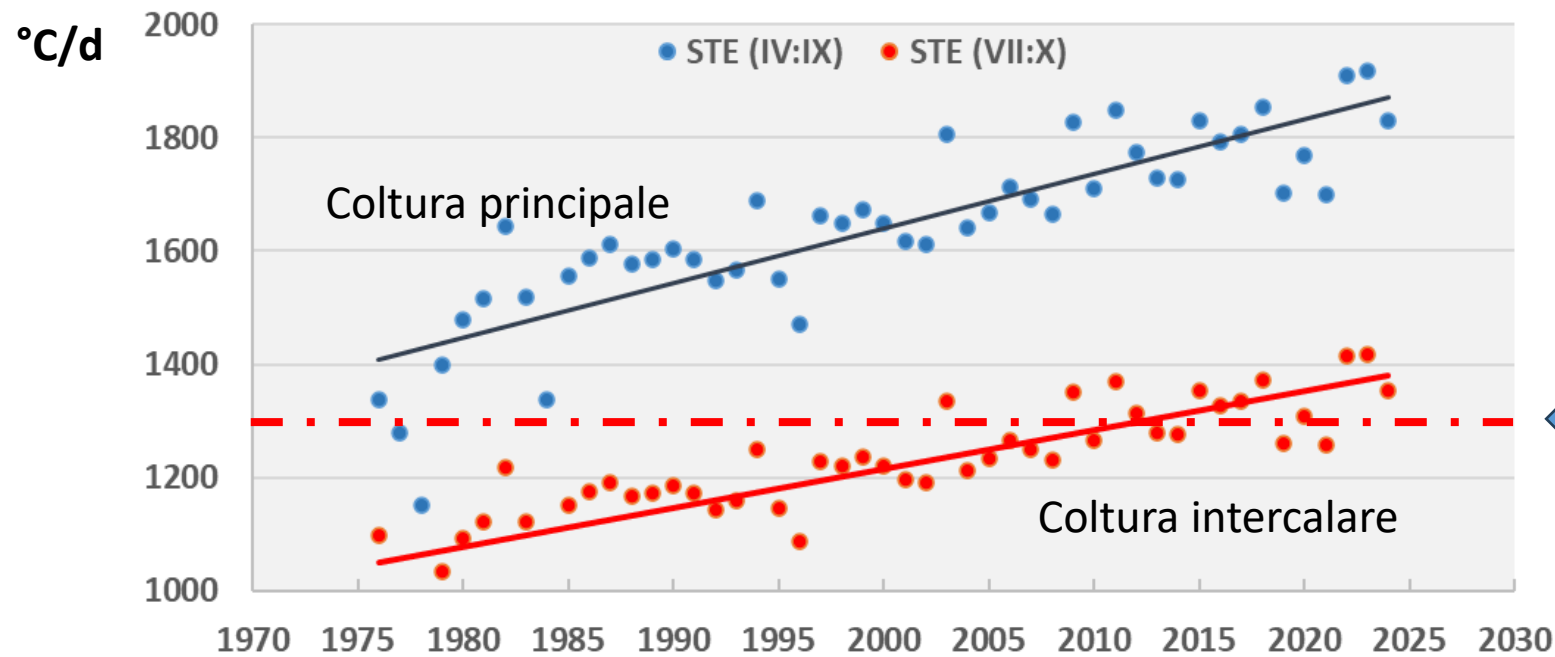
1. **Opportunità per la coltura intercalare e agli ibridi ad alto standability**
2. **Early vigor e assicurazione dell'investimento culturale**

Considerazioni e prospettive



Coltura intercalare e aumento della temperatura

Evoluzione della somma termica (1976:2024) Carmagnola (TO)



Δ STE IV:IX: +10°C/anno
 Δ STE VI:X: +7° C/anno

Somma termica per granella
 ibrido da cl. 300

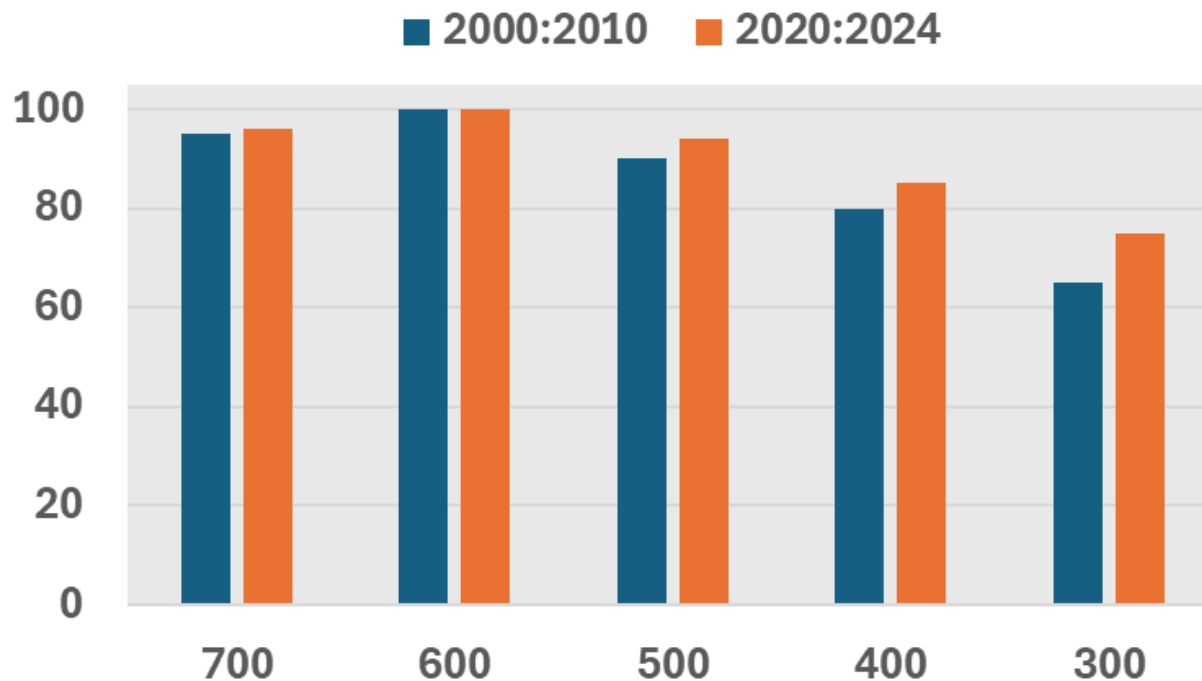
Dati DISAFA, 2024



Coltura intercalare e aumento della temperatura

Evoluzione della resa degli ibridi in relazione alla classe di maturità

°C/d



Gli ibridi precoci hanno recuperato

- Produttività
- Stand ability
- Dry down

Rielaborazione dati CREA e DISAFA

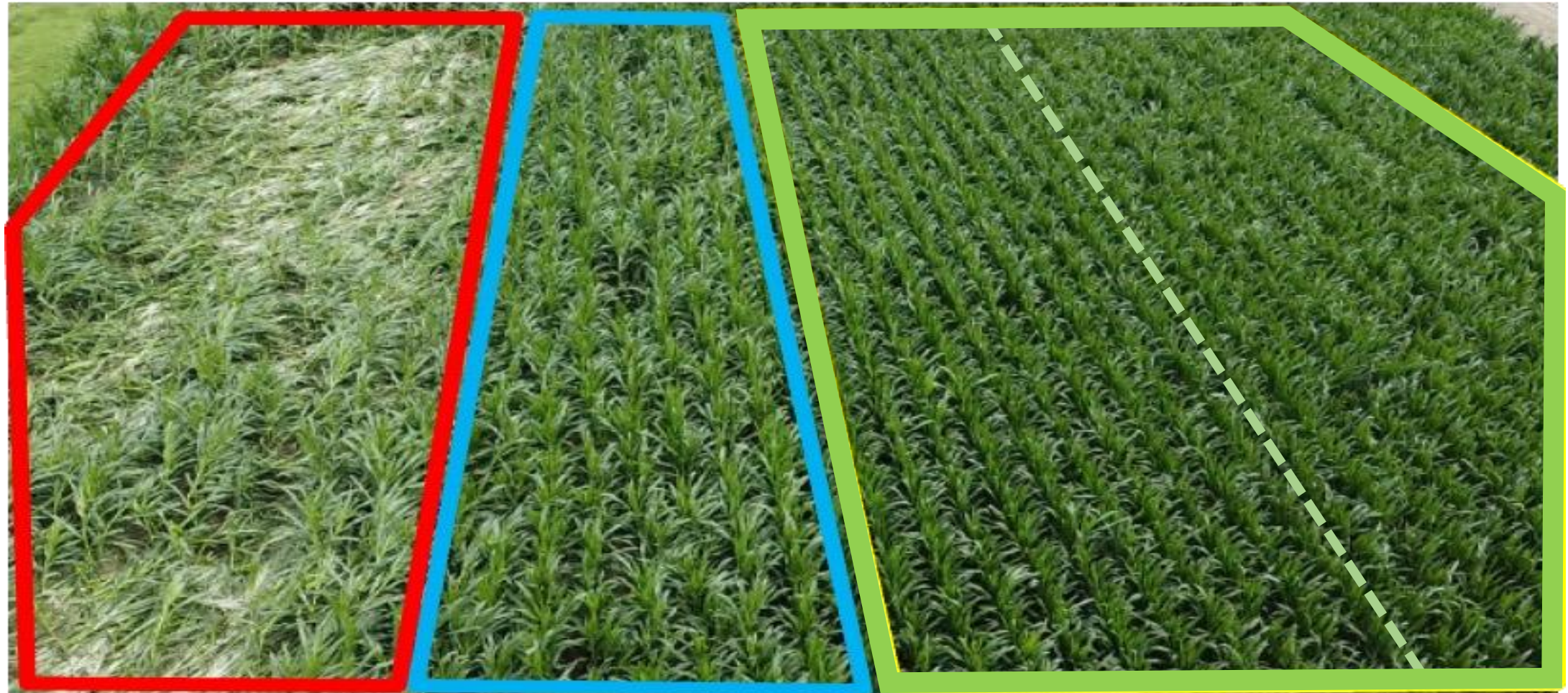


Ibridi di mais a taglia ridotta: Standability

Basso standability

Convenzionale

Alto standability



34%

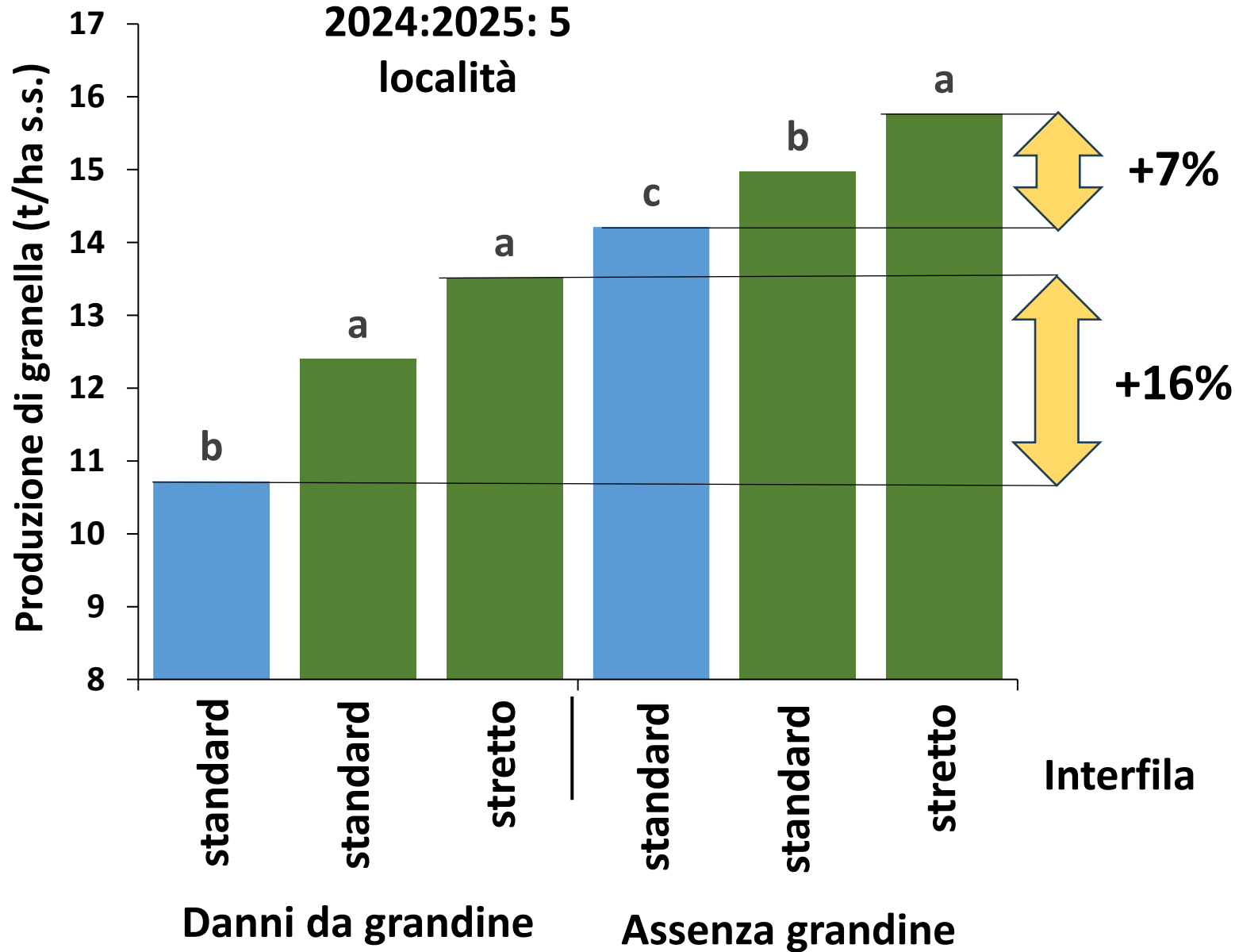
9%

0%

0%

Carmagnola, temporale con grandine 1 luglio (Strigini, 2024)

Produzione di granella



Alta standability

Convenzionale

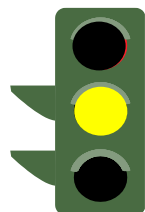


Sperimentazione condotta nel 2024, 2025
Dosi di N di 250 e 375 kg N/ha

Introduzione ibridi di mais ad alta standability



| Carattere | |
|--|-----|
| Maggiore tolleranza alla grandine | ++ |
| Maggiore produzione di granella | ++ |
| Più ampia finestra trattamenti in levata | + |
| Maggiore tolleranza alle trombe d'aria | +++ |
| Tolleranza diabrotica | + |



| Carattere | |
|---|--------|
| Più lento dry down | ++ |
| Maggiore costo della semente | + |
| Aggiornamento attrezzatura semina | +++ |
| Aggiornamento attrezzatura sarchiatura | + |
| Vincoli all'irrigazione e vincoli irrigui | + (++) |

Convenzionale **Alta standability**



Sperimentazione condotta nel 2024
Dosi di N di 250 e 375 kg N/ha



STRUMENTI AGRONOMICI PER CONTRASTARE GLI STRESS DEL MAIS

Due problemi:

1. **Un cambiamento di scenario non colto**
2. **Gli stress ambientali e i riflessi sulla coltivazione del mais**

Due possibilità

1. **Opportunità per la coltura intercalare e agli ibridi ad alto standability**
2. **Early vigor e assicurazione dell'investimento culturale**





Strategie agronomiche di gestione del rischio meteorologico

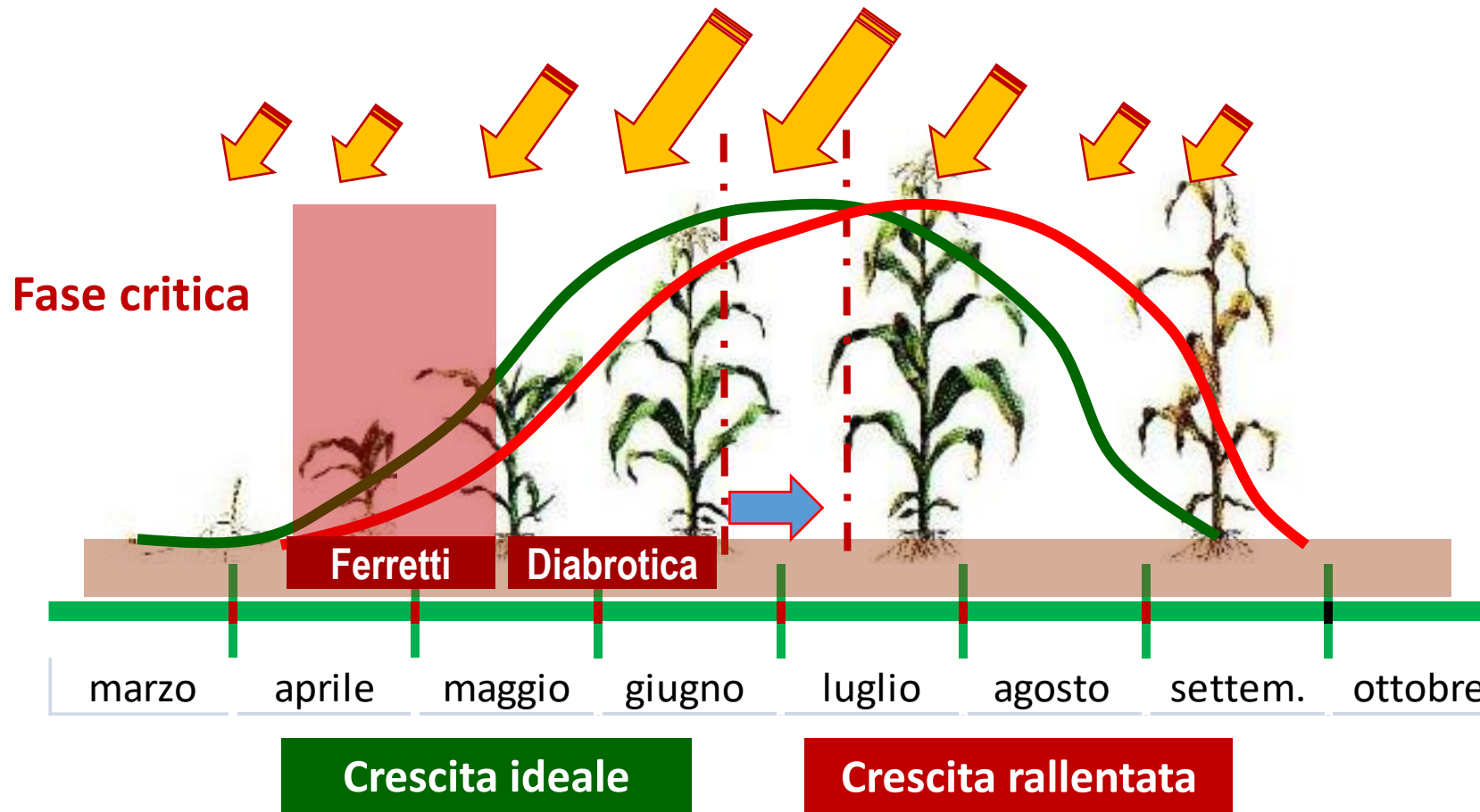
Adattamento: modifica delle tecniche colturali per rispondere al cambiamento climatico

| Variabile meteorologica | Manifestazione | Interventi agronomici preventivi | Interventi agronomici curativi |
|-------------------------|----------------------------------|---|---|
| Temperatura | Abbassamenti termici primaverili | Semina: posticipo Stimolo early vigor | Concimazione starter NP |
| | Eccessi termici estivi | Semina: anticipo Ibrido: più precoce, tollerante, Stimolo early vigor | Concimazione starter NP |
| Grandine | Primaverile | Stimolo early vigor | Risemina con ibrido più precoce |
| | Emissione pennacchio - Fioritura | Ibrido alta stand ability Concimazione equilibrata | Conversione a trinciato "Difesa da piralide" |
| | Maturazione latteo-cerosa | Ibrido alta stand ability | Conversione a trinciato |
| Tromba d'aria | Emissione pennacchio - Raccolta | Ibrido alta stand ability | |

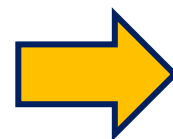
Strategie agronomiche di gestione del rischio meteorologico

| Variabile meteorologica | Manifestazione | Interventi agronomici preventivi | Interventi agronomici curativi |
|--------------------------|----------------------------------|---|---|
| Stress idrico da carenza | Precoce primaverile | Stimolo early vigor Densità di semina: riduzione Ibrido: precoce, tollerante stress | Concimazione Starter NP Applicazione biocompetitori Applicazione antistress con diserbo |
| | Emissione pennacchio - Fioritura | Stimolo early vigor Ibrido: precoce, tollerante stress | Conversione a trinciato |
| | Maturazione latteo-cerosa | Ibrido: precoce, tollerante | Ritardo ultima irrigazione |
| Stress idrico da eccesso | Precoce primaverile | Sistemazione idraulica Diserbo in pre-emergenza | Fertirrigazione |
| | Emissione pennacchio - Fioritura | Sistemazione idraulica | |
| | Maturazione di raccolta | Ibrido: corretto ciclo, tolleranza al DON | Difesa piralide |

Impostazione ciclo culturale

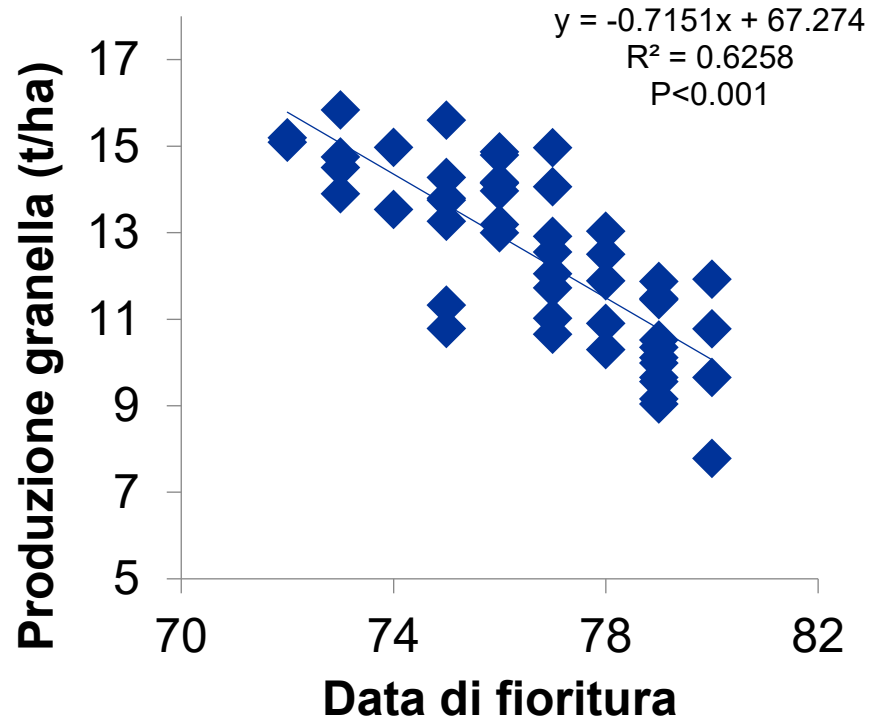


**Elemento chiave:
anticipo della fioritura**

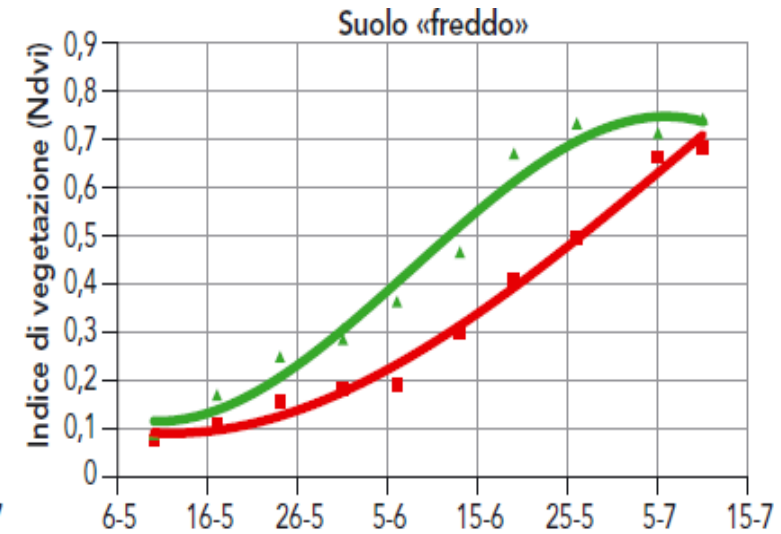
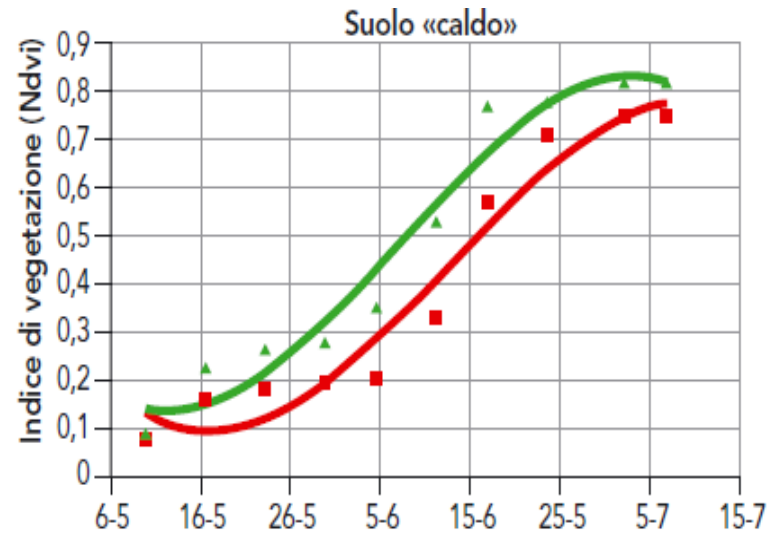


**Principale risposta:
potenziare l'early vigor**

Early vigor: produzione e sviluppo



■ Testimone ▲ Effetto starter – Stimolo early vigor

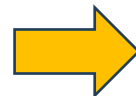


Tipologie

1. Macroelementi (N:P)



2. Microelementi



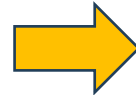
3. Microrganismi



4. Sostanze attive



5. Difesa insetticida



Modalità di applicazione

Distribuzione localizzata

concia

Applicazione localizzata

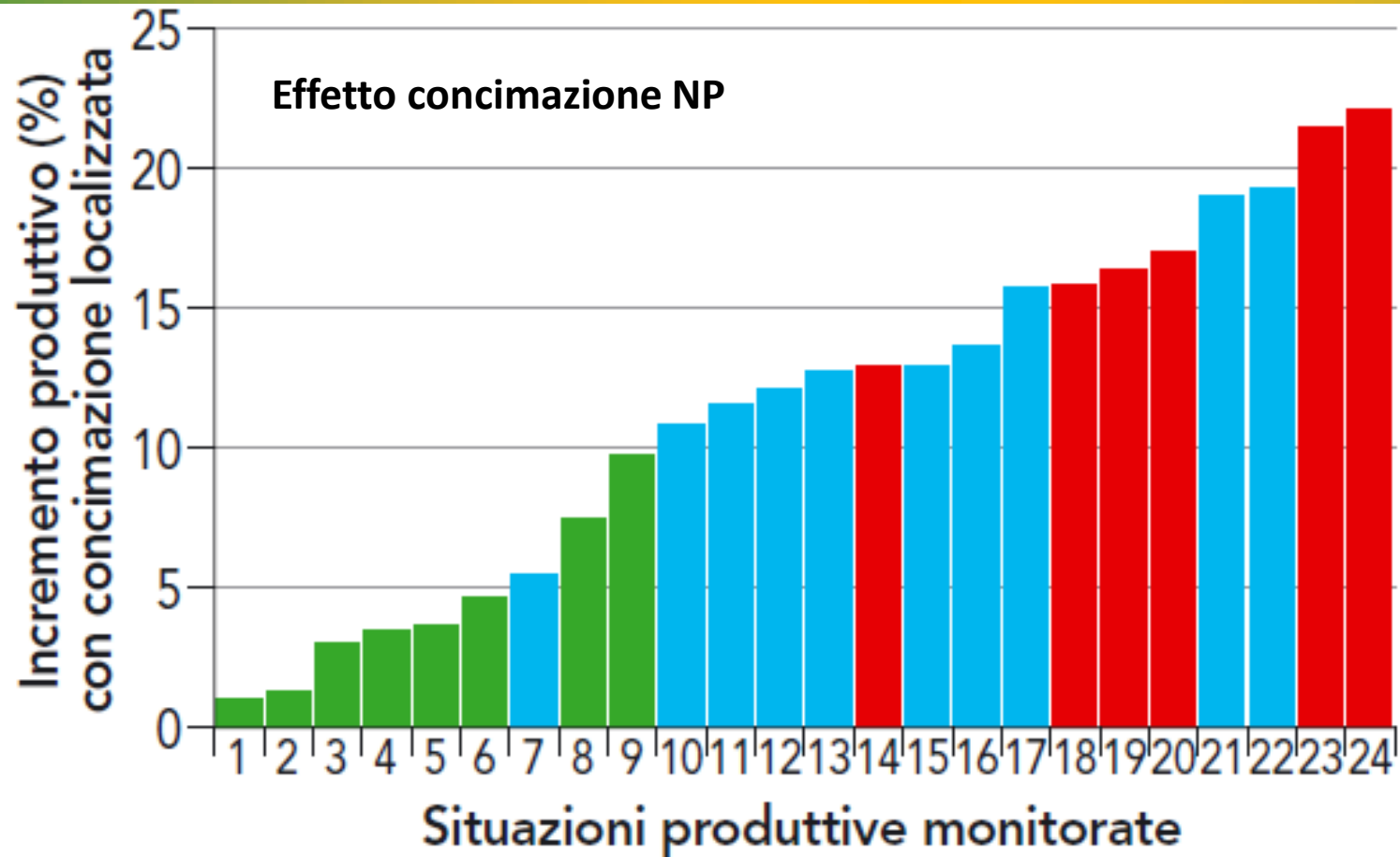
Bioattivatori fogliari (al diserbo)

Applicazione localizzata



1° Soluzione

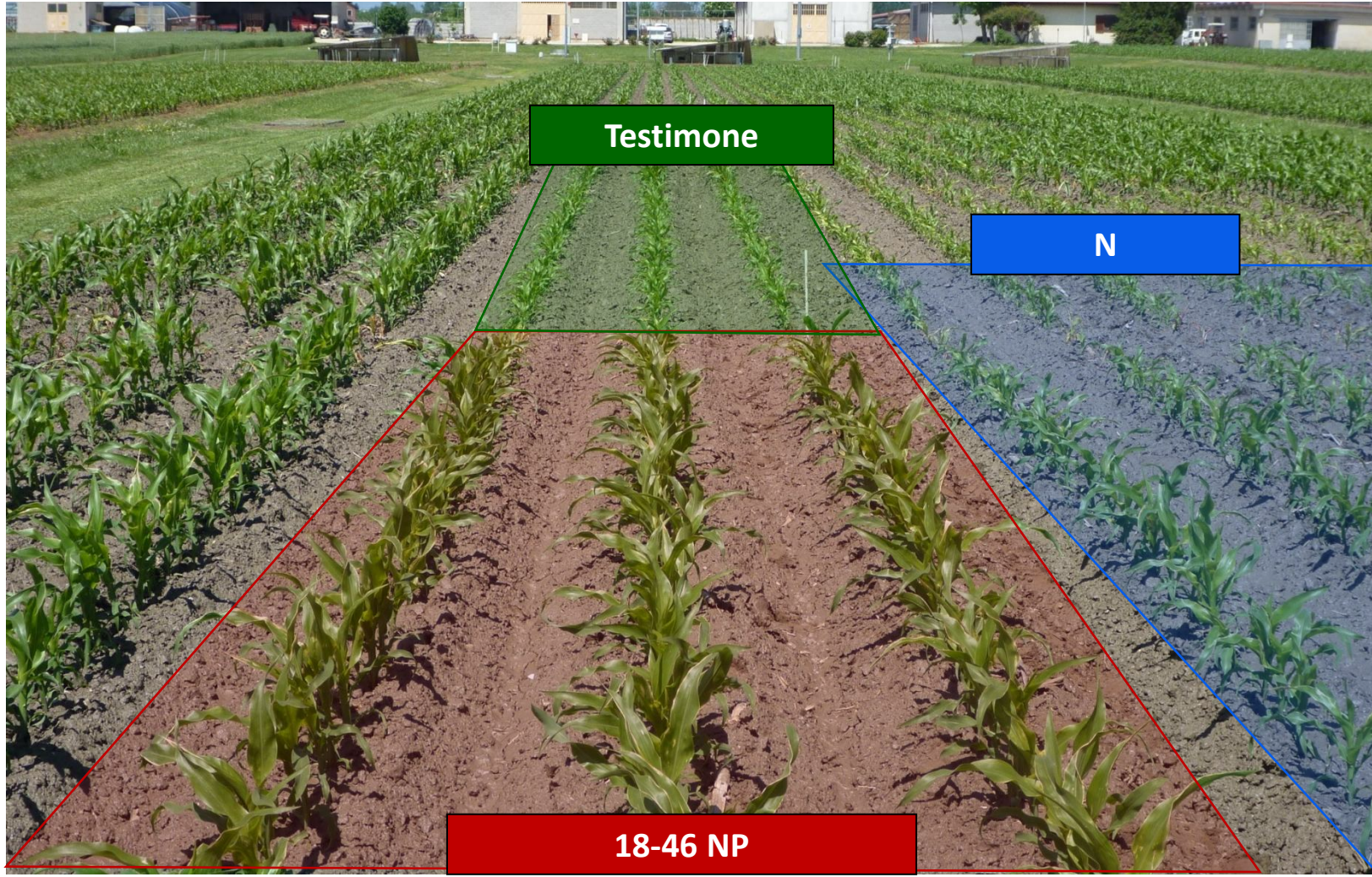
Condizioni pedo-climatiche e concimazione NP localizzata



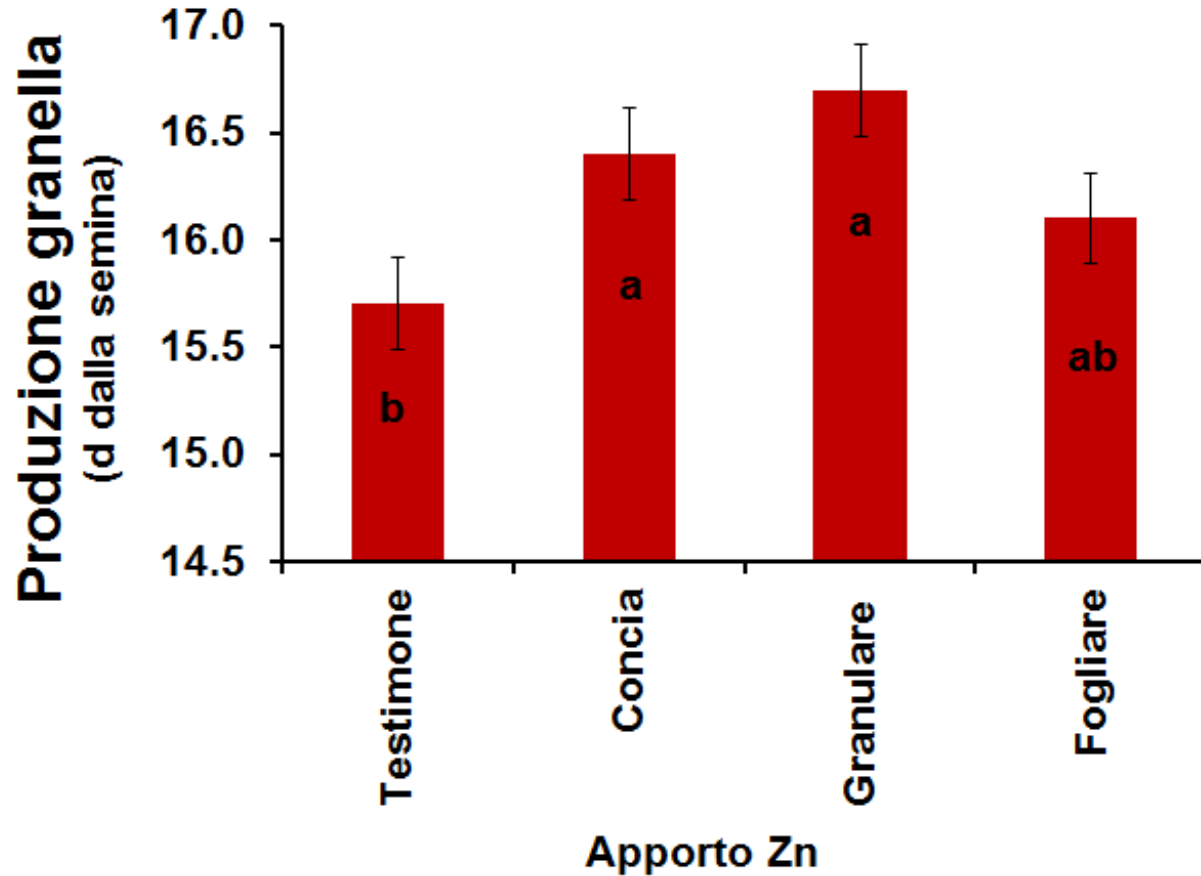
- Annate con primavera piovose e fresche su terreni a tessitura fine (contenuto di fosforo assimilabile nel suolo tra 23 e 45 mg/kg).
- Annate con primavera piovose e fresche su terreni franco-sabbiosi (contenuto in fosforo assimilabile nel suolo tra 7 e 21 mg/kg).
- Annate con primavere moderatamente piovose e calde.



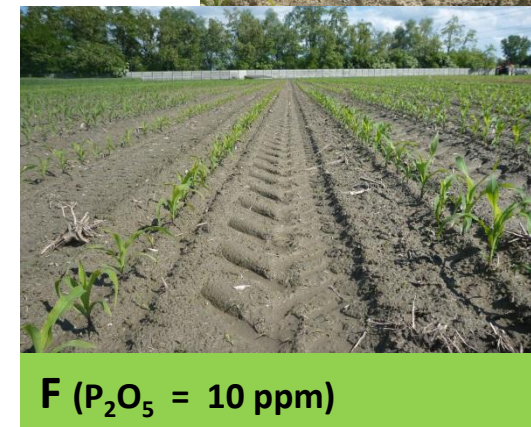
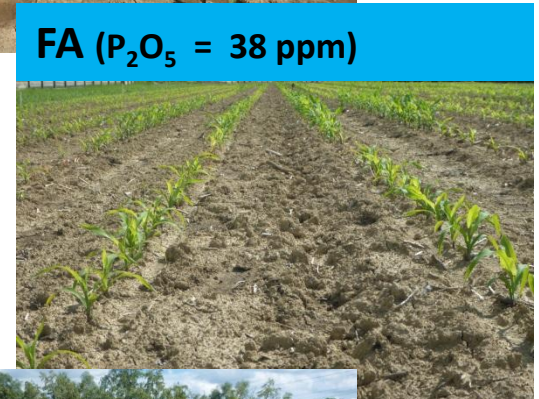
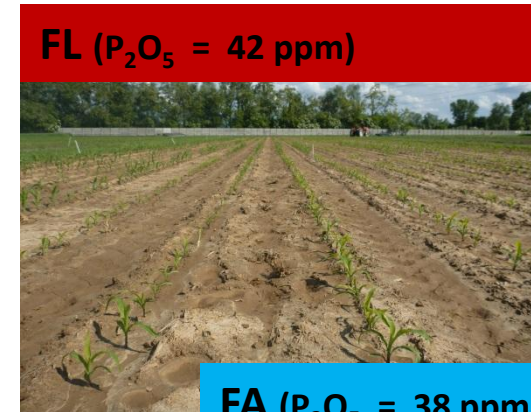
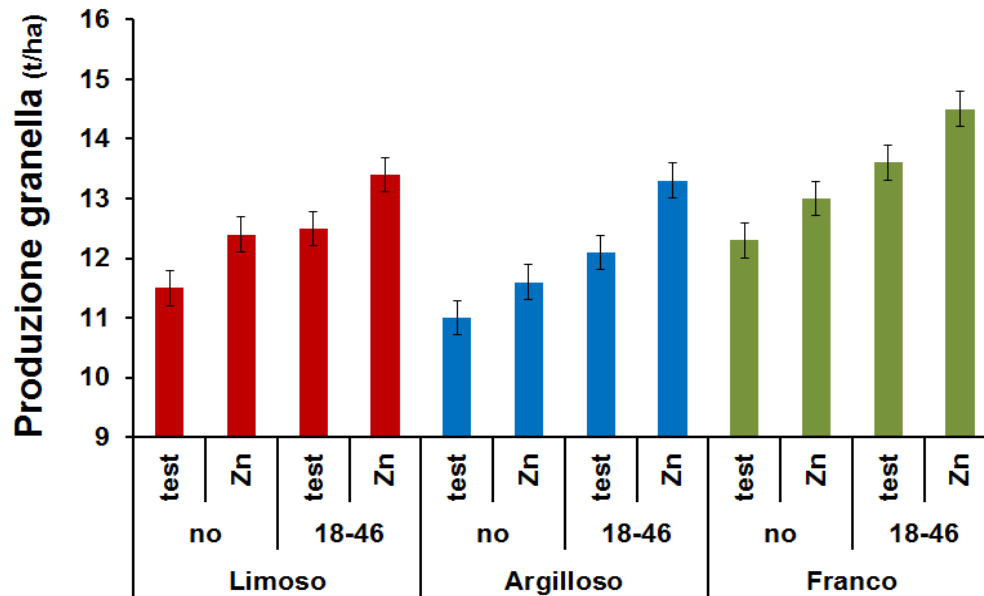
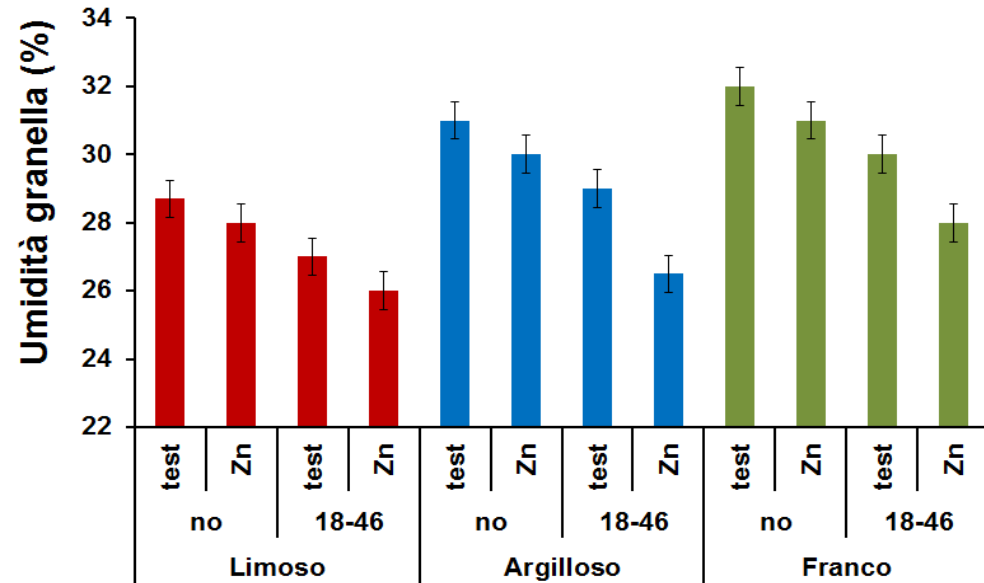
1° Soluzione: NP localizzato



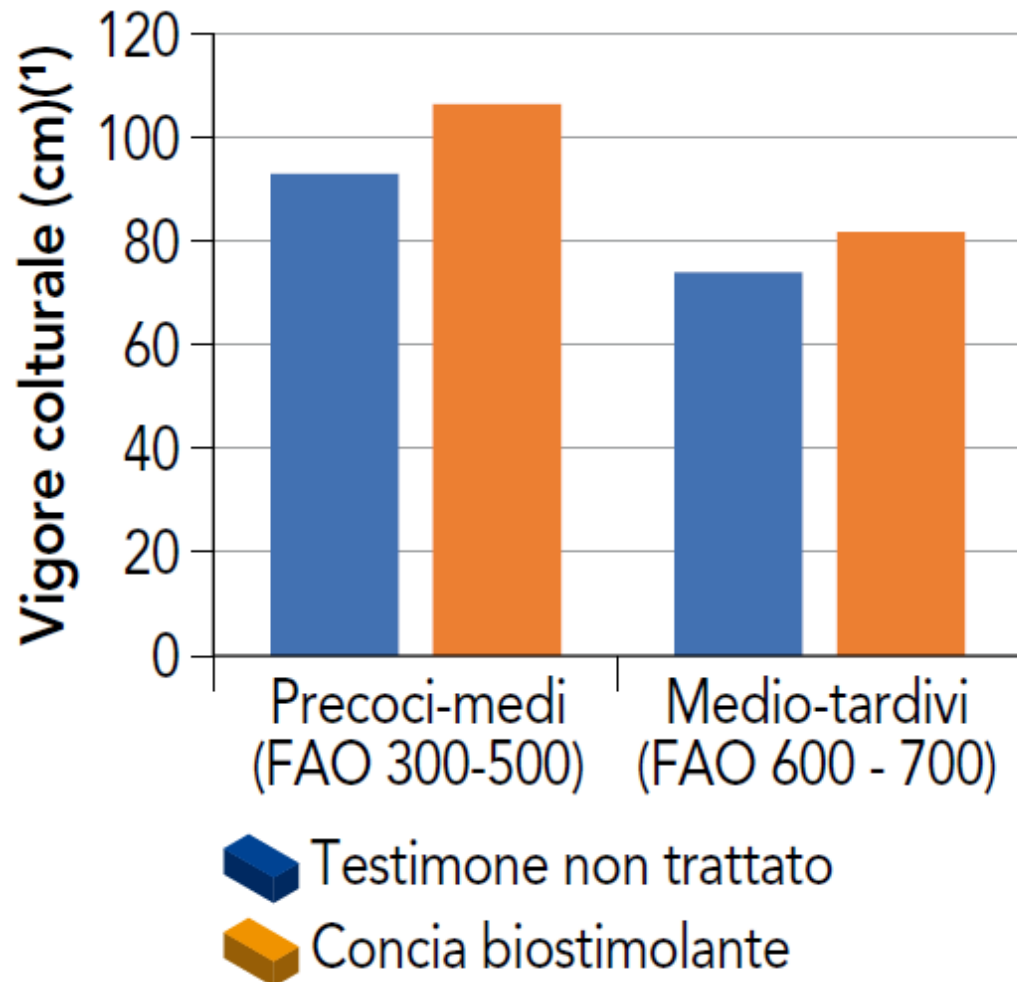
2^a Soluzione: apporto di microelementi



Effetto sinergico: NP e micro-elementi



3^a Soluzione: impiego di biostimolanti a base di microrganismi



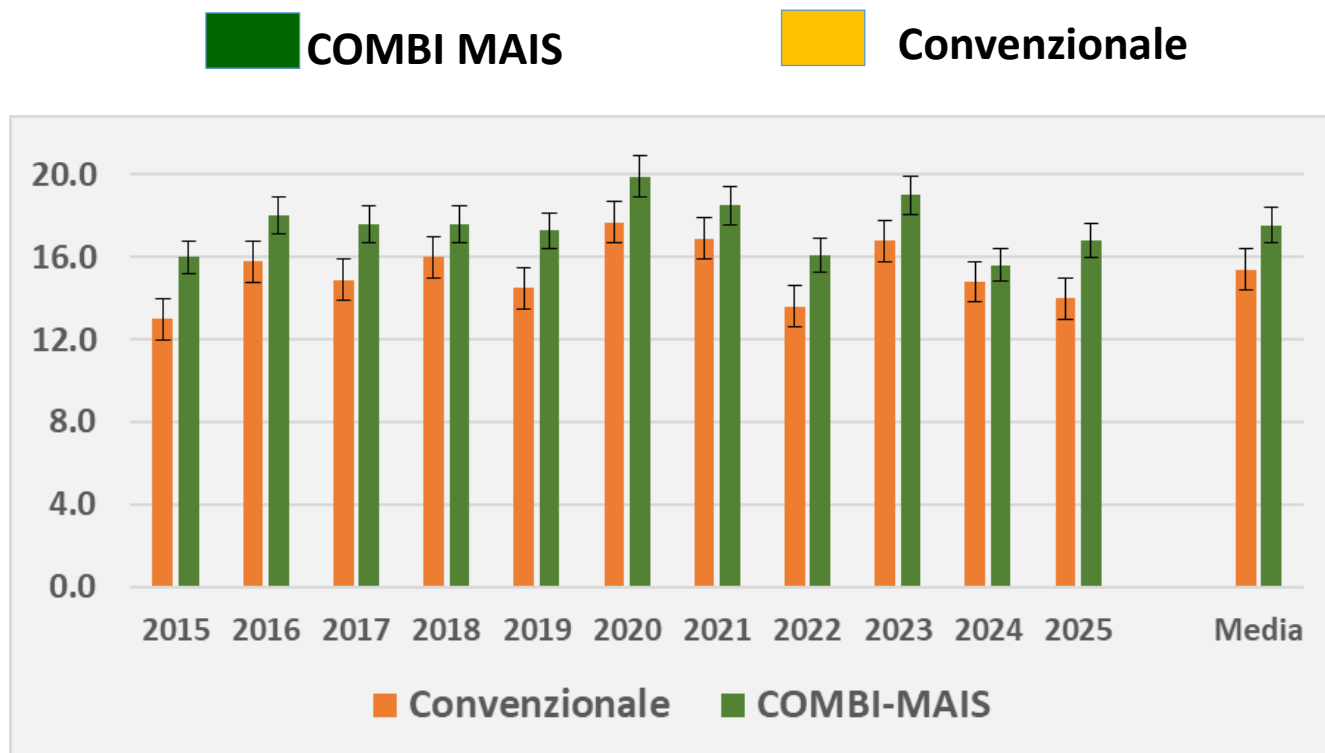
| Anno | Vantaggio vigore concia (%) |
|------|-----------------------------|
| 2021 | +7 |
| 2022 | +2 |
| 2023 | +13 |

Concia:

- *Bacillus amyloliquefaciens*
→ stimolo crescita radicale
- Acido hydroxycinnamico
→ prontezza di risposta allo stress

4° Soluzione: biostimolanti con diserbo e trattamenti insetticidi

confronto tra la produzione con Protocollo Convenzionale e COMBI MAIS



Applicazione di bioattivatori ai trattamenti di diserbo in post-emergenza
 N (4:8%)
 Fe (0.5%)
 MgO (2%)

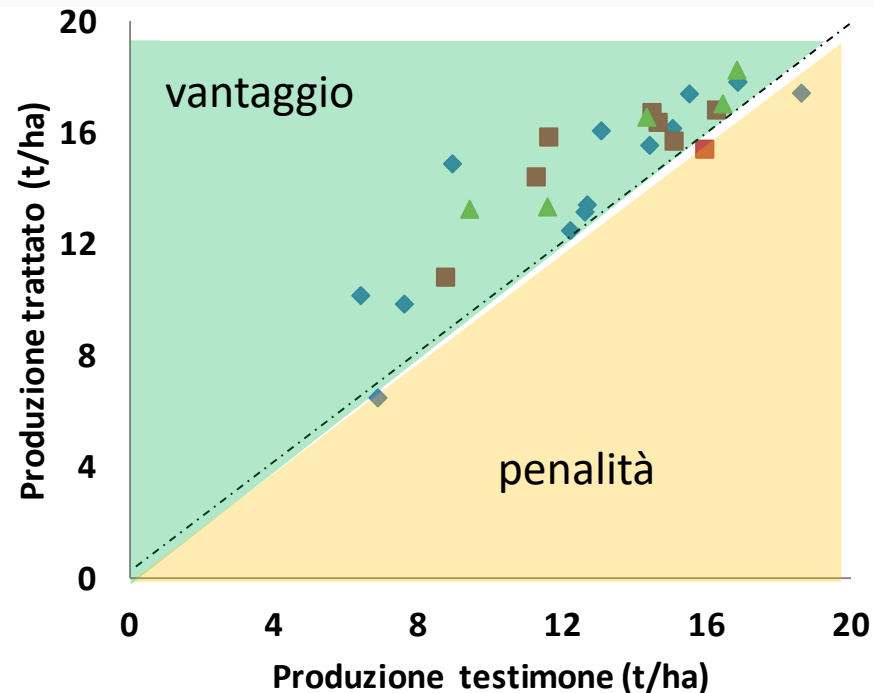
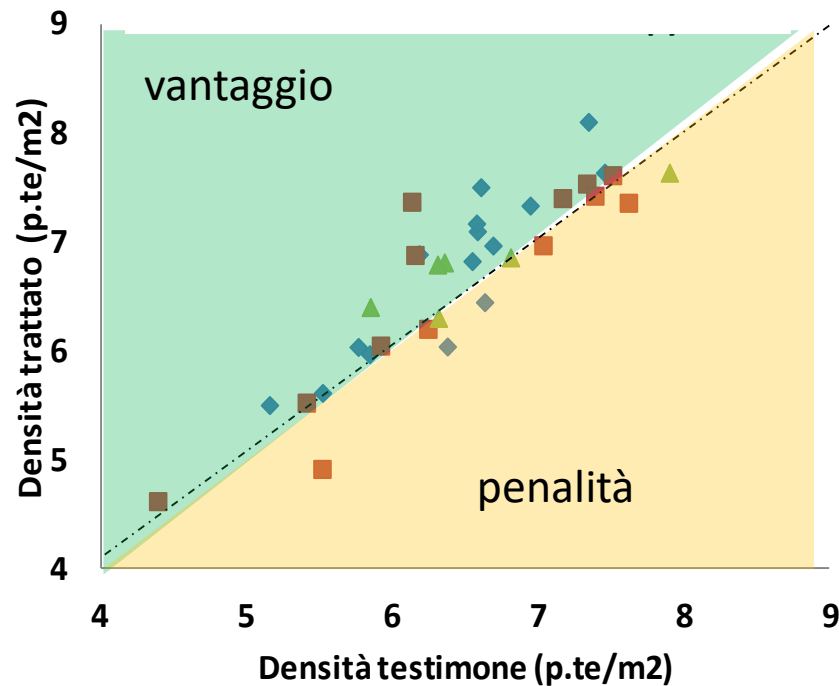
Δ COMBIMAIS vs Convenzionale

- + **22** q/ha
- + **15** %
- + **10** "anni avanti"



5^a Soluzione: Difesa insetticida della plantula

La difesa insetticida della plantula è necessaria ?
Si osservano sempre gli effetti della difesa ?



128 casi di studio (2007:2018)*
Effetto della difesa:
- Aumento produzione + 5.6%
- Vantaggio produttivo 79% dei casi





STRUMENTI AGRONOMICI PER CONTRASTARE GLI STRESS DEL MAIS

Due problemi:

1. **Un cambiamento di scenario non colto**
2. **Gli stress ambientali e i riflessi sulla coltivazione del mais**

Due possibilità

1. **Opportunità per la coltura intercalare e agli ibridi ad alto standability**
2. **Early vigor e assicurazione dell'investimento culturale**

Considerazioni e prospettive





Conclusioni: Considerazioni 1

Nel XX secolo la rivoluzione agricola ha avuto 3 potenti alleati

- 1. Il XX secolo è stato mite: piuttosto differente dal freddo XIX (es. 1816 – anno senza estate) (Le Roy Ladurie, 2004)**
- 2. Il XX secolo è stato ricco in CO₂: l'incremento di CO₂ confrontata con quella pre-industriale permette un incremento (potenziale) di oltre il 25% (!?) della produzione annuale su scala mondiale (Sage and Coleman , 2001; Araus al, 2003)**
- 3. Gli agricoltori erano aperti all'innovazione: un fattore culturale rilevante**

Araus et al., 2003., Journal of Archaeological Science 30, 681–693
Sage R.F., Coleman J.R., 2001. Plant Science Vol.6 No.1 January 2001.



Conclusioni: Considerazioni 2

Nel XXI secolo su quali potenti alleati contiamo ?

1. **Il XXI secolo sarà più ricco in CO₂ e le produzioni più elevate se sapremo governare gli stress termico e idrico**
2. **Avremo una serie di innovazioni tecniche efficaci, ma occorre tenere aperte le vie per una attenta adozione**
3. **Volontà di riprendere a investire nei sistemi irrigui a larga e a piccola scala**
4. **Agricoltori aperti all'innovazione, ma non altrettanto i cittadini e la classe politica**
5. **Istituzione di un mercato di Carbon credits che incentiva comportamenti responsabili**
6. **Introduzione delle innovazioni nel Quadro del modello "Agricoltura rigenerativa"**

Ridurre i rischi a livello di azienda cerealicola

- Potenziare la difesa attiva: **agrotecnica e genetica** mirata
 - Potenziamento di **sistemi previsionali** e di supporto alle decisioni (DSS)
 - Impostare **sistemi culturali** diversificati (!?)
- Potenziare la difesa passiva: **strumenti assicurativi**

Ridurre i rischi a livello territoriale

- Superamento **dimensione gestionale aziendale** per reti/consorzi di imprese (az. zootecniche, az. a seminativo, az. agromeccaniche)
- Rivisitazione della modalità di **distribuzione dell'acqua** irrigua
- Predisporsi alle regole e al mercato dei **Carbon Credits** volontari seguendo protocolli di **Agricoltura rigenerativa**



Quale agricoltura per avere più strumenti per contrastare il cambiamento climatico



Climate smart farming - Scala aziendale

- Scelta di colture “naturalmente” più produttive quindi efficienti e impiego cover crops
- Aumento dell’efficienza della concimazione organica e azotata
- Tecniche irrigue più efficienti
- Lavorazioni del suolo ridotte e con bassi input
- Impiego di genetica mirata all’ambiente e al sistema
- Agricoltura di precisione

Climate smart agriculture - Scala territoriale

- Sistemi logistici avanzati ed efficienti
- Rivisitazione della modalità di distribuzione dell’acqua irrigua
- Superamento dimensione aziendale e incentive alla cooperazione
- Rafforzamento di strumenti assicurativi per produzioni e redditi
- Gestione territoriale dei reflui



Agricoltura rigenerativa – Regenerative Agriculture



Grazie per l'attenzione

amedeo.reyneri@unito.it