



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI TORINO



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI BARI
ALDO MORO



Il ruolo della fertilizzazione nel futuro dei seminativi

Carlo Grignani, Anna Maria Stellacci,
Giuseppe Carnevali

Introduzione

Come sarà la fertilizzazione dei seminativi in futuro ?

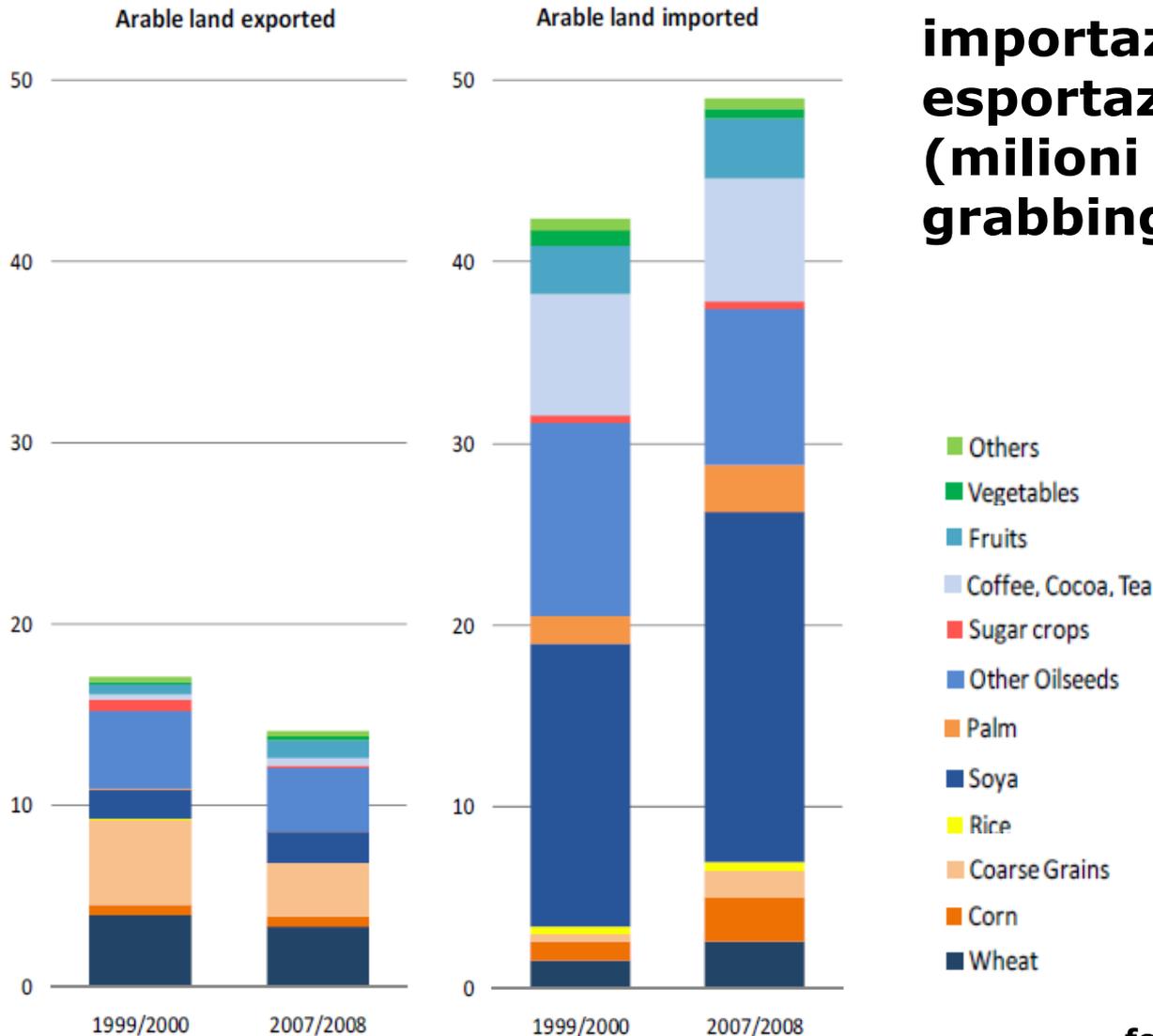
**Speriamo più "organizzata" della fertilizzazione attuale
(chiarezza delle voci di bilancio)**

**Speriamo più "indipendente" della fertilizzazione attuale
(chiarezza del ruolo tecnico-scientifico, politico-istituzionale,
economico-commerciale)**

Per aumentare l'economicità del sistema

Per ridurre il "foot print" Europeo

Il footprint dell'agricoltura europea

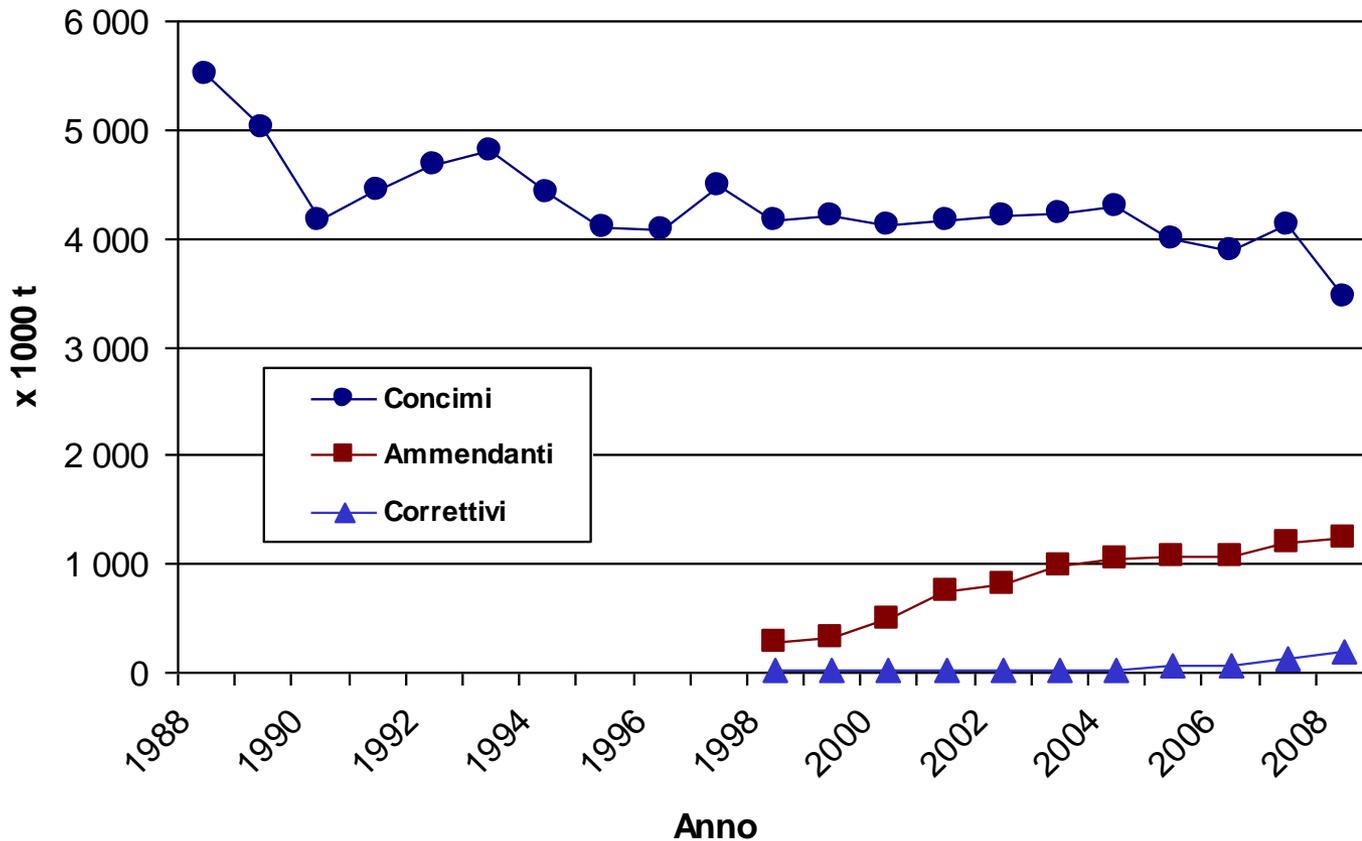


importazioni ed esportazioni in Europa (milioni di ha): land grabbing dell'Europa

Consumi di fertilizzanti:

è vero che gli agricoltori consumano sempre meno concimi?

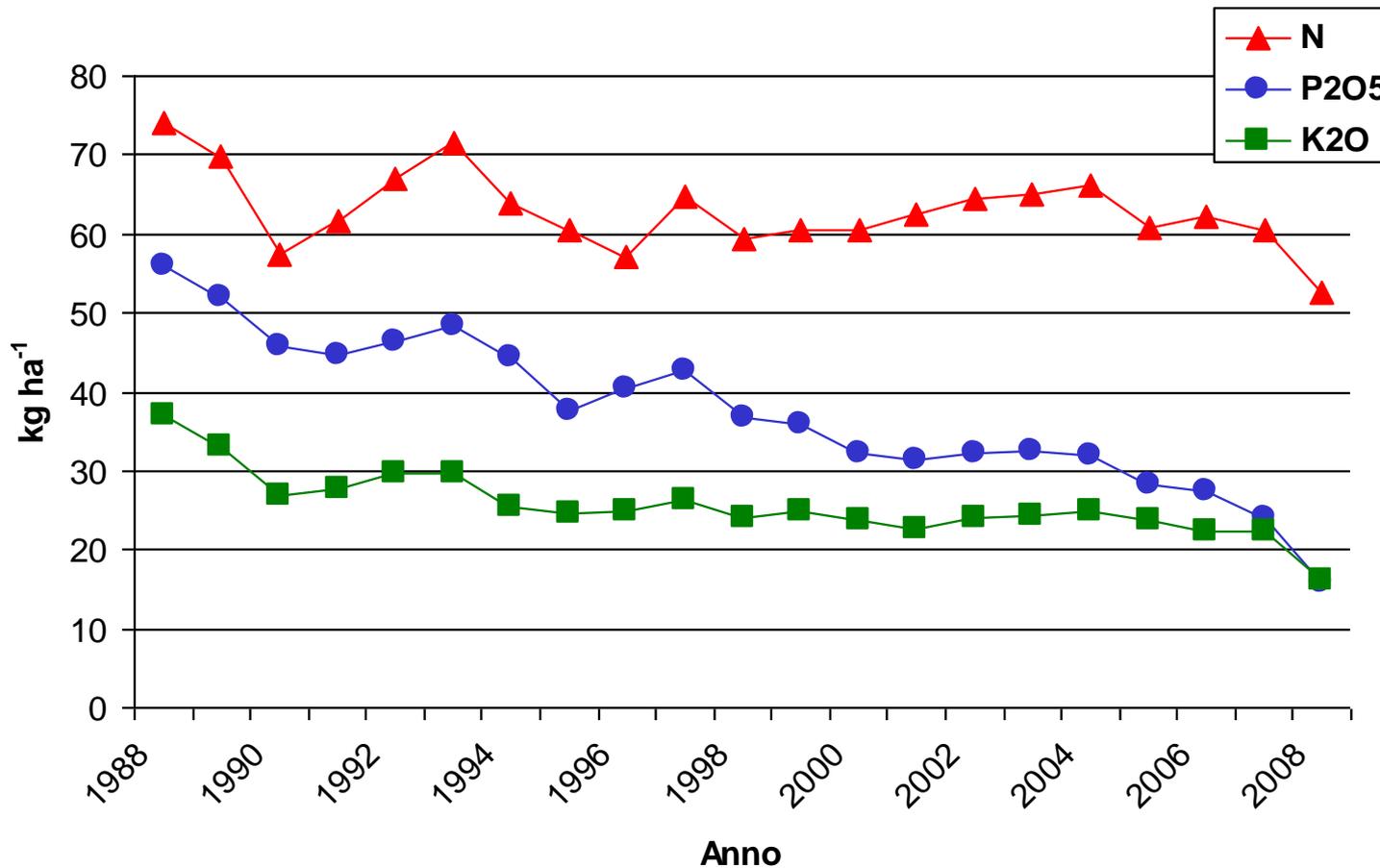
Concimi, ammendanti e correttivi commercializzati in Italia



Consumi di fertilizzanti:

come si modificano i rapporti tra elementi nutritivi?

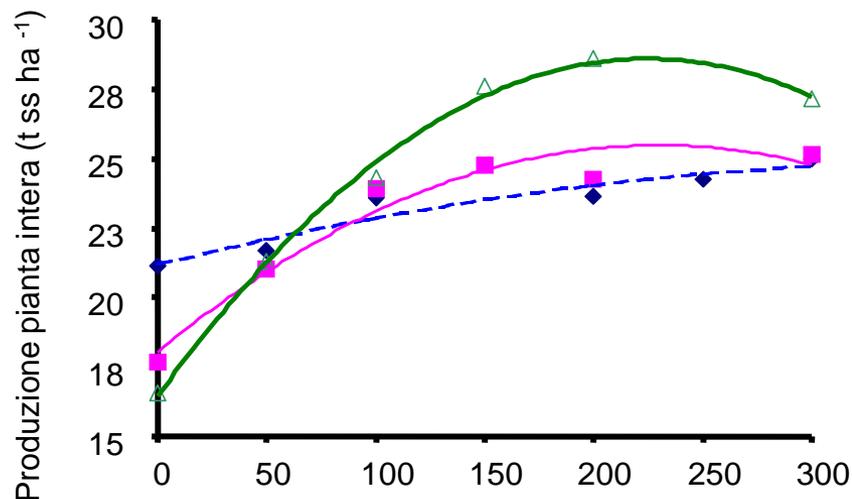
Unità di macroelementi per ha di SAU in Italia



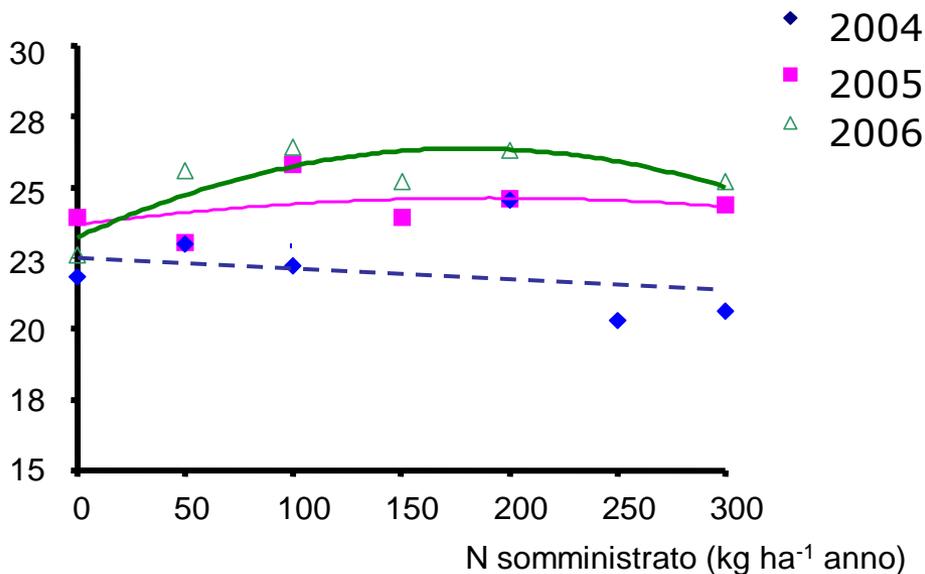
$N/P_2O_5 \sim 2,5$

$N/K_2O \sim 2,5$

Informazioni agronomiche fornite dalle curve di risposta alla concimazione azotata (esempio mais)



CARMAGNOLA

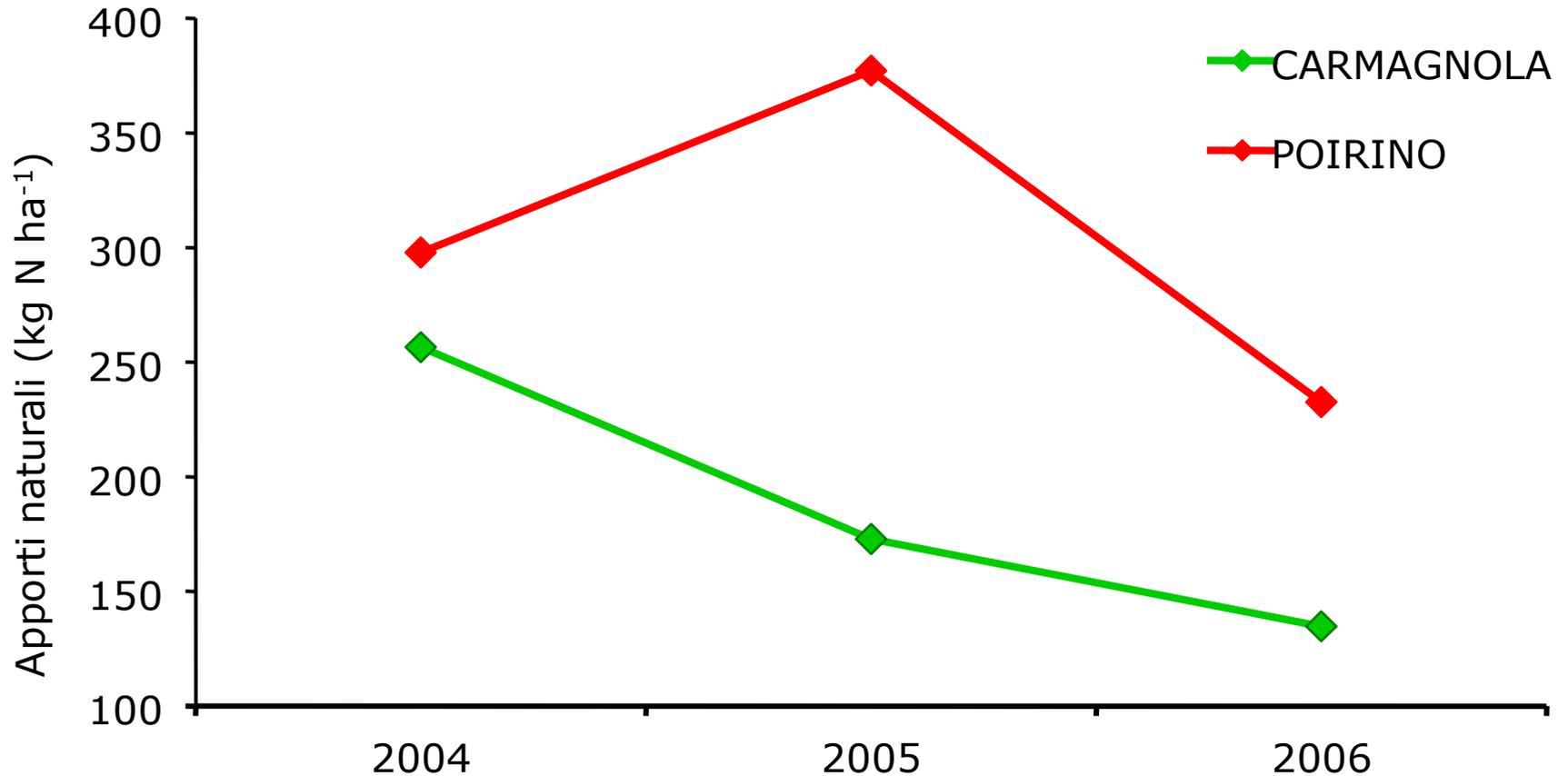


POIRINO

Perché è così variabile la risposta alla concimazione?

Variazione di apporti naturali (A_n) su mais

A_n = Testimone (pianta + N min. suolo)



Le voci del bilancio colturale :

siamo d'accordo su quali sono?

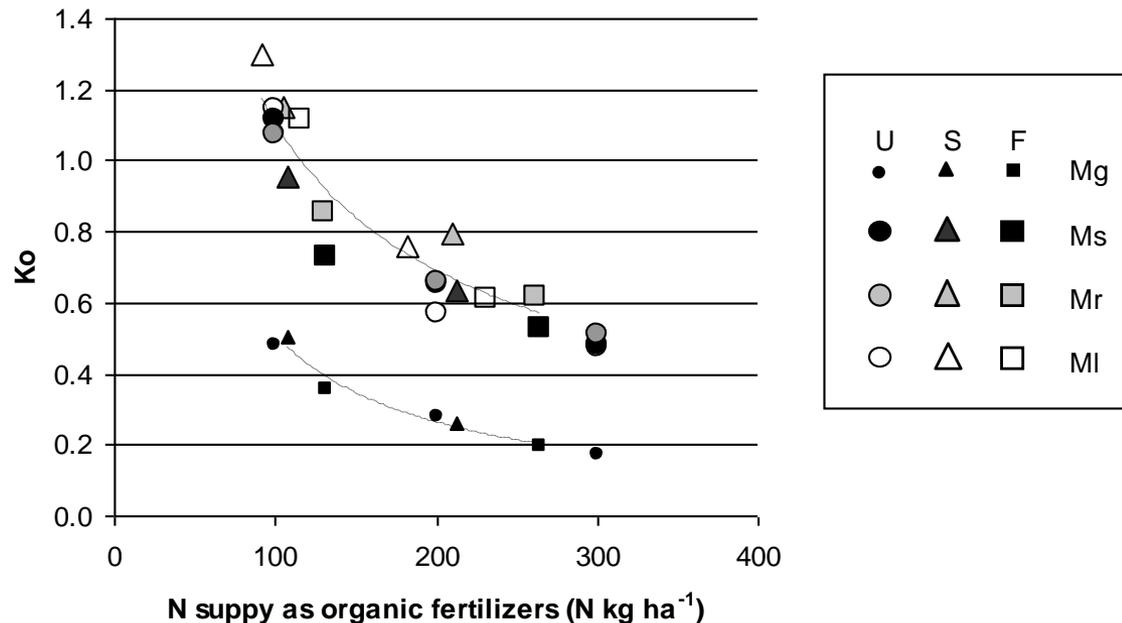
$$Y \times b = \pm S \pm Mp + Mf + Da + Bfx + Fc + Fo + Z$$

- Y** Produzione coltura
- b** Contenuto in N
- ±S** Mineralizzazione/Organicazione pool stabili suolo
- ±Mp** Mineralizzazione/Organicazione paglie o altri residui
- Mf** Effetto residuo di effluenti zootecnici, compost o ammendanti
- Da** Deposizioni atmosferiche
- Bfx** Azotofissazione
- Fc** Concimi minerali, organo-minerali o organici
- Fo** Effluenti zootecnici, compost o altri ammendanti
- Z** Perdite (lisciviazione, ruscellamento, volatilizzazione di ammoniaca, emissione di ossido o protossido di azoto denitrificazione)

Efficienza del fertilizzante organico :

un coefficiente variabile in relazione alla concimazione

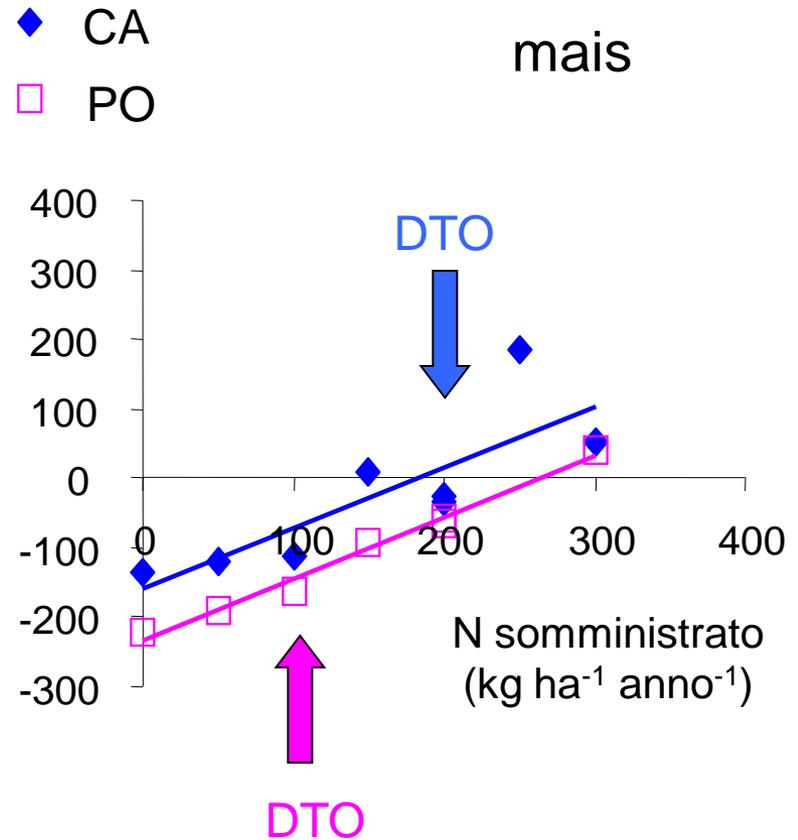
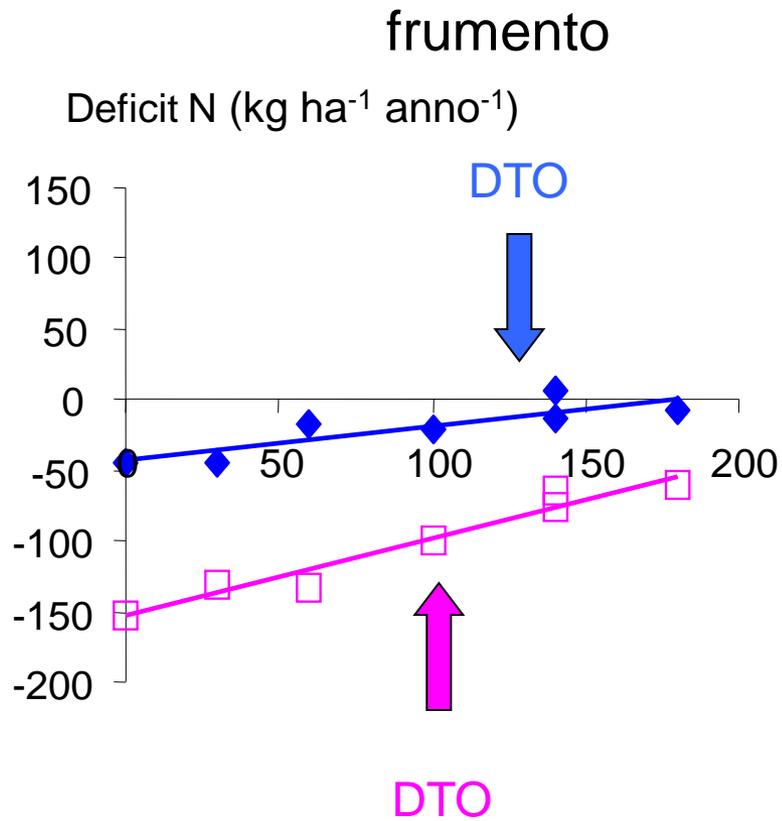
N-disponibile = N-minerale + N-organico Ko + N-deposizioni



U = urea, S = liquame, F = letame

Mg = mais granella, Ms = mais insilato, Mr = mais/loiessa, MI = mais-prato

Perdite Z, stimate da Deficit bilancio in N, al variare della fertilizzazione



Applicazioni del bilancio culturale :

le semplificazioni necessarie

	medio	stagionale	
	Standard	Indicatori sintetici	Indicatori culturali
Y	Sì, medio	Sì, stagionale	Sì, stagionale
b	Sì, medio	Sì, stagionale	Sì, stagionale
±S	No	Sì, medio	Sì, stagionale
±Mp	No	Sì, stagionale	Sì, stagionale
Mf	No	Sì, stagionale	Sì, stagionale
Da	No	No	Sì, stagionale
Bfx	Sì, medio	Sì, medio	-
Fc	Sì, medio	Sì, stagionale	Sì, stagionale
Fo	Sì, medio	Sì, stagionale	Sì, stagionale
Z	No	Sì, stagion. (solo lisciv.)	Sì, stagionale

Bilancio medio Standard :

esempi

Codice di buona pratica agricola

PSR 214.1 , 214.2

Programmi di azione nella Direttiva Nitrati

Bilancio medio Standard:

esempi

asporti unitari: kg N/100 kg di produzione

	Piemonte	Em. Rom.	Puglia	Media	<i>Dev.St.</i>
Grano duro (gran.)		2,46	2,24	2,28	0,21
Grano duro (pt. intera)	3,00	3,18	2,50	2,94	0,25
Grano tenero (gran.)		1,98	2,13	2,10	0,15
Grano tenero (pt. intera)	2,60	2,46		2,59	0,19
Grano tenero FF/FPS (gran.)		2,41		2,41	
Grano tenero FF/FPS (pt int)	3,00	2,89		2,96	0,06
Mais da granella (gran.)		1,50	1,58	1,56	0,18
Mais da granella (pt. intera)	2,20	2,22		2,27	0,23
Mais trinciato (tal quale)	0,40	0,37		0,39	0,10
Barb. da zucchero (pt. intera)	0,30	0,27	0,45	0,31	0,05
Pomodoro da industria (?)	0,30	0,25	0,20	0,26	0,04

Applicazioni del bilancio culturale :

le semplificazioni necessarie

	medio	stagionale	
	Standard	Indicatori sintetici	Indicatori culturali
Y	Sì, medio	Sì, stagionale	Sì, stagionale
b	Sì, medio	Sì, stagionale	Sì, stagionale
±S	No	Sì, medio	Sì, stagionale
±Mp	No	Sì, stagionale	Sì, stagionale
Mf	No	Sì, stagionale	Sì, stagionale
Da	No	No	Sì, stagionale
Bfx	Sì, medio	Sì, medio	-
Fc	Sì, medio	Sì, stagionale	Sì, stagionale
Fo	Sì, medio	Sì, stagionale	Sì, stagionale
Z	No	Sì, stagion. (solo lisciv.)	Sì, stagionale

Bilancio stagionale" indicatori sintetici": esempio applicativo e indicatori utilizzabili

Voce	Indicatore sintetico	Determina un aumento di Fc	Determina una diminuzione di Fc
Y*b	Produzione attesa variabile da +20% a -20% rispetto allo standard Epoca di semina Scelta varietale	Y superiore a soglia Data di impianto molto anticipata Varietà ad alto contenuto proteico	Y inferiore a soglia
±S	Contenuto di sostanza organica (SO) del suolo	SO bassa	SO alta
±Mp	Tipo di precessione colturale	Cereale con interrimento paglia	Sovescio di leguminosa
Mf	Effetto residuo di apporti di letame o compost		Apporti di ammendanti
Z	Perdite per lisciviazione a seguito di forte piovosità invernale (ottobre-marzo)	> 300 mm	

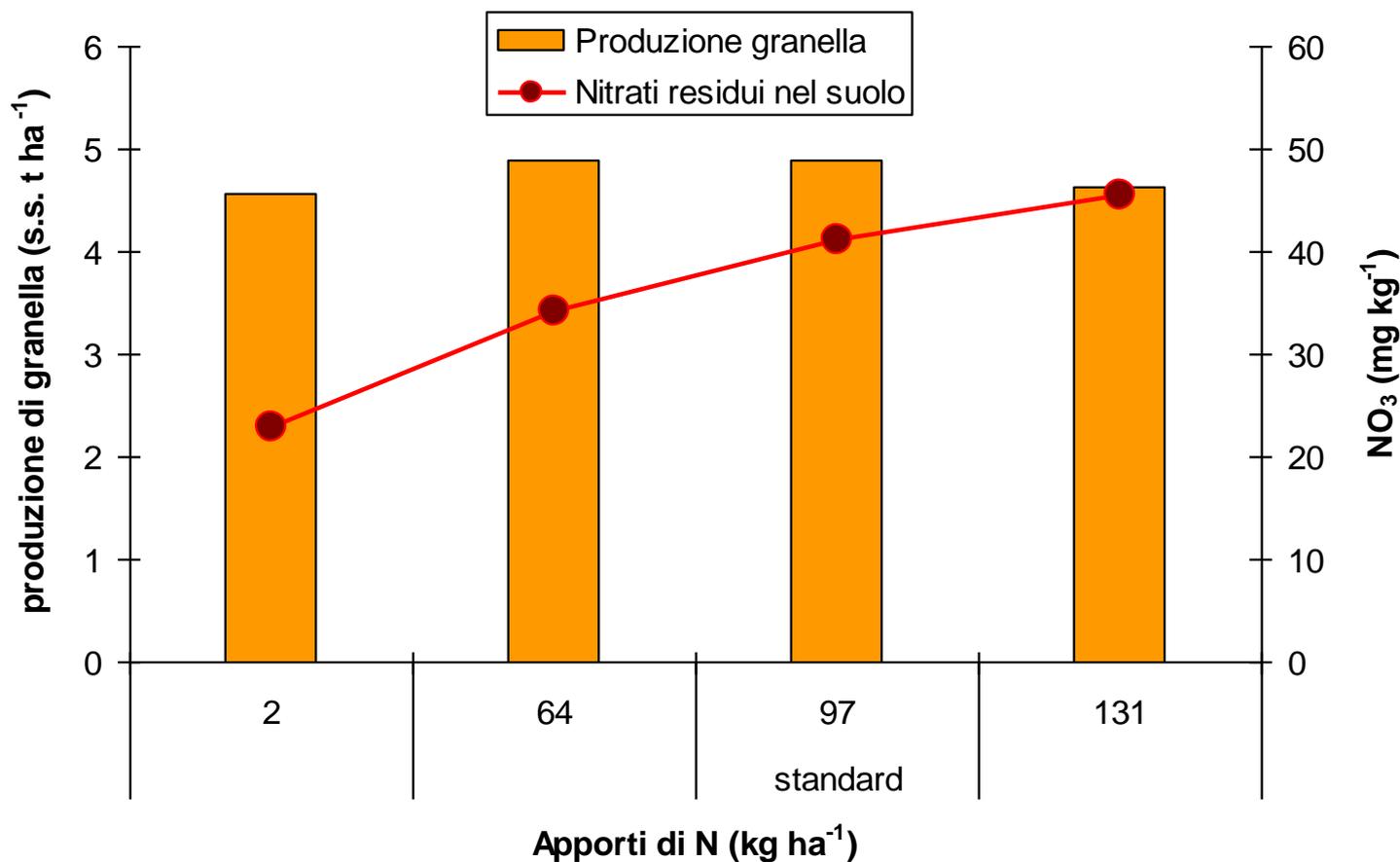
Bilancio stagionale "indicatori sintetici"

dall'indicatore al fattore di correzione

Voce	Indicatore sintetico di variazione	Frumento tenero	Frumento duro	Mais granello
Y*b	Y superiore a soglia	+ 30	+ 25	+ 30
	Y inferiore a soglia	- 30	- 25	- 30
	Varietà ad alto contenuto proteico	+ 15		
	Varietà a basso contenuto proteico	- 15		
±S	SO bassa	+ 15	+ 15	+ 15
	SO alta	- 15	- 15	- 15
±Mp	dopo cereale con interrimento paglia	+ 30	+ 30	+ 30
	dopo medicaio	- 80	- 80	- 80
	dopo prati consociati graminacee e leguminose	- 40	- 40	- 40
Mf	apporti di ammendanti	- 20		
Z	> 300 mm da ott. a feb.	+ 20	+ 20	+ 20
	Massimo incremento di Fc	+ 40	+ 30	+ 70

Bilancio stagionale "indicatori sintetici"

Esempi di risultati dell'applicazione del metodo in Regione Emilia Romagna su frumento (medie di 52 casi località x anni)



Applicazioni del bilancio culturale :

le semplificazioni necessarie

	medio	stagionale	
	Standard	Indicatori sintetici	Indicatori culturali
Y	Sì, medio	Sì, stagionale	Sì, stagionale
b	Sì, medio	Sì, stagionale	Sì, stagionale
±S	No	Sì, medio	Sì, stagionale
±Mp	No	Sì, stagionale	Sì, stagionale
Mf	No	Sì, stagionale	Sì, stagionale
Da	No	No	Sì, stagionale
Bfx	Sì, medio	Sì, medio	-
Fc	Sì, medio	Sì, stagionale	Sì, stagionale
Fo	Sì, medio	Sì, stagionale	Sì, stagionale
Z	No	Sì, stagion. (solo lisciv.)	Sì, stagionale

Bilancio stagionale "Indicatori culturali"

Potenzialità e limiti degli indicatori (1/2)

Indicatori diretti ed indiretti	Caratteristiche	Limiti e fattori di variazione	Interpretazione
Concentrazione di N totale	organi specifici	Natura suolo	Range di sufficienza e concentrazioni critiche (per stadio fenologico, tessuto della pianta, specie e cv)
	intera pianta	Correlata a Y (accrescimento e produzione)	
Concentrazione di N nitrico	intera pianta	Dipende dalla specie	Confronto con le concentrazioni critiche derivanti da curve di diluizione definite per singola specie (NNI)
		Laborioso	
Concentrazione di N nitrico	Correlata a N min suolo	Specie, condizioni ambientali (umidità e radiazione solare nei giorni precedenti il campionamento)	Range di sufficienza e concentrazioni critiche (per stadio fenologico, tessuto della pianta, specie e cv). Interpretazione relativa per confronto con parcelle spia e calcolo di indici di sufficienza. Necessaria standardizzazione dei risultati.

Bilancio stagionale "Indicatori culturali"

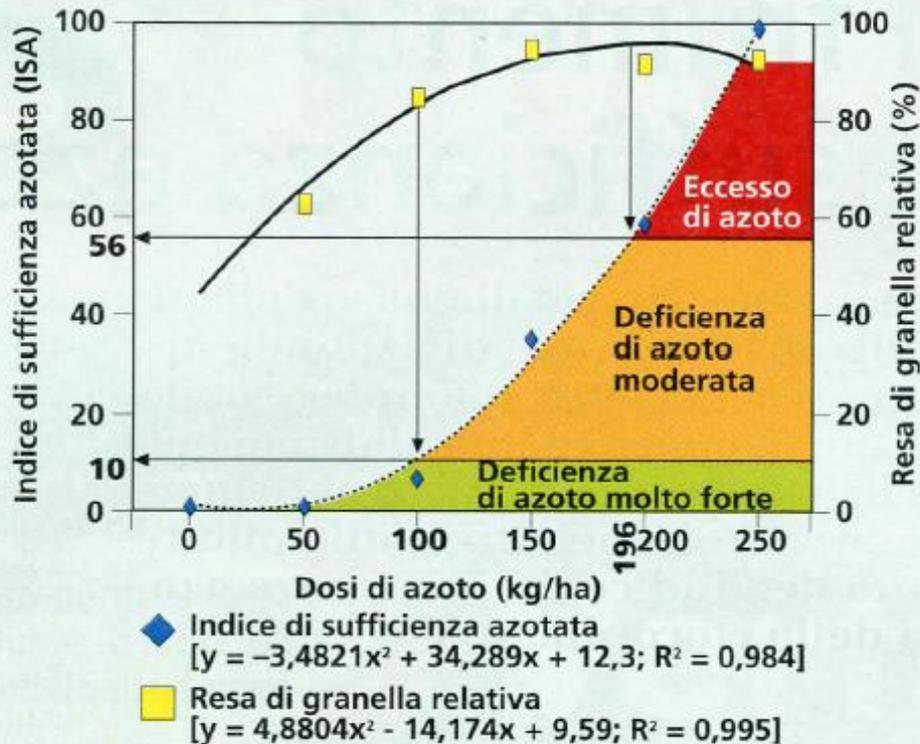
Potenzialità e limiti degli indicatori (2/2)

Indicatori diretti ed indiretti	Caratteristiche	Limiti e fattori di variazione	Interpretazione
Contenuto in clorofilla totale nella foglia (near sensing)	Correlato alla concentrazione di N	Fattori endogeni ed esogeni (specie, cv, posizione ed età della foglia, punto di lettura sulla foglia; stress idrici, termici, caratt. pedologiche, ecc.)	Impiego di range di sufficienza (per singole specie e cv).
	Meno tedioso	Capace di discriminare condizioni nutrizionali estreme, meno efficace per range di concimazione realistici	Interpretazione relativa per confronto con parcelle spia e calcolo di indici di sufficienza.
	Non distruttivo		Necessaria standardizzazione dei risultati
Riflettanza della copertura vegetale (proximal e remote sensing)	Correlato a parametri strutturali della copertura vegetale (LAI, biomassa, ecc.)		
	Correlazione tra contenuto di N, clorofilla fogliare, LAI, biomassa		Calcolo di indici vegetazionali
	Tecniche di gestione sito-specifica della concimazione azotata.		
	Rapido, non distruttivo		

Bilancio stagionale "Indicatori culturali"

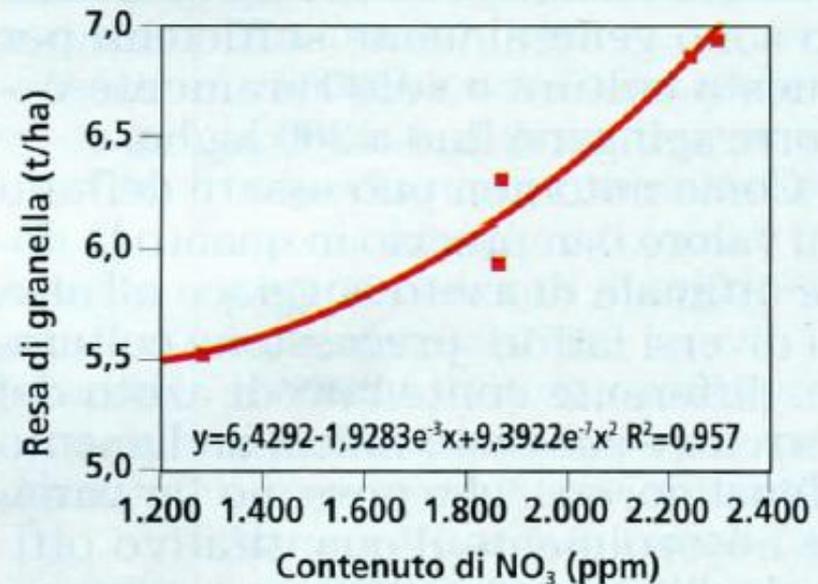
Esempi di indicatori su frumento (da Giordani et al, 1997)

Grafico 1 - Definizione dello stato nutrizionale azotato del frumento (stadio di 1° e 2° nodo) mediante l'analisi dei nitrati (ISA)



Fonte: Giordani et al., 1997 (dati rielaborati).

Grafico 2 - Relazione tra resa di granella e contenuto di nitrati nel succo della base del culmo



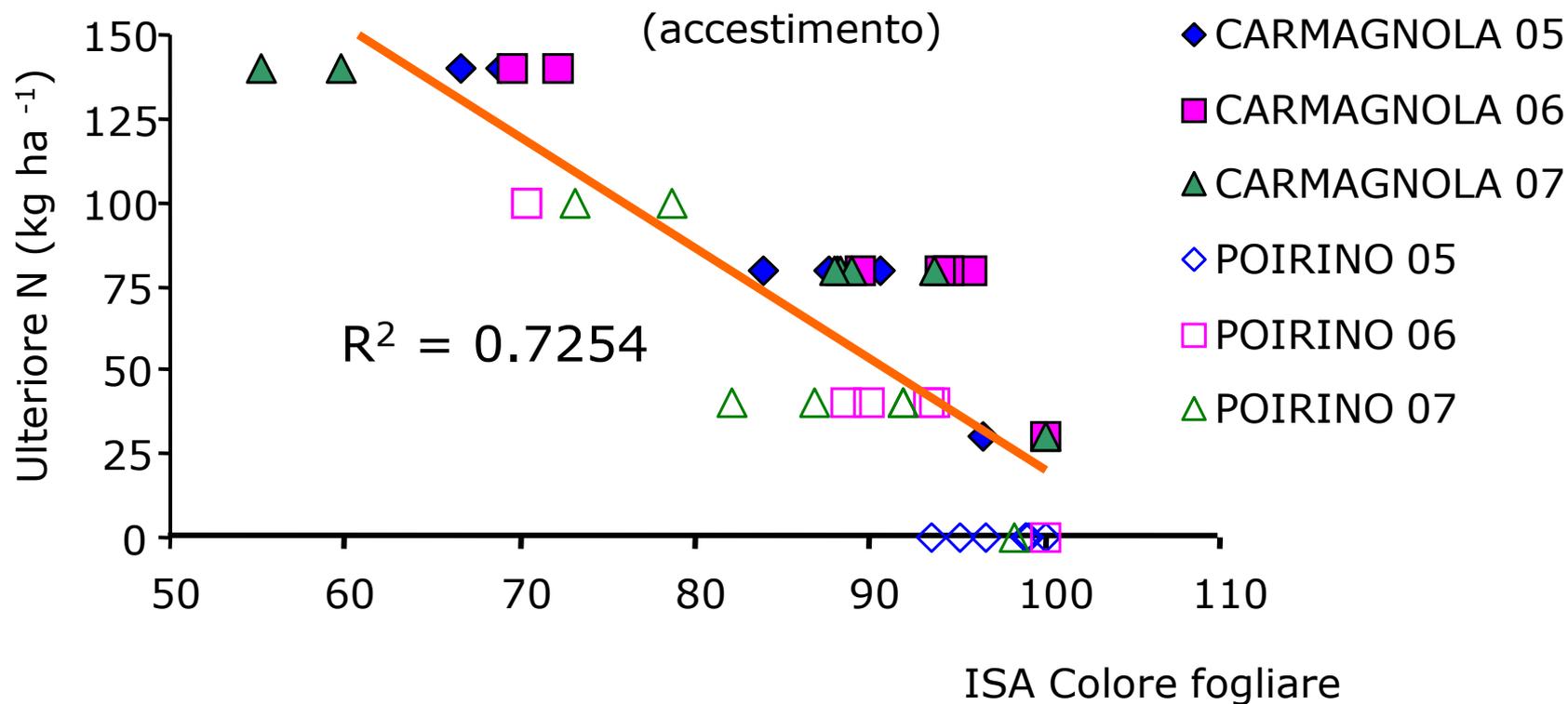
Relazione ottenuta nel 1995 con sorgo allo stato di sviluppo di 5 foglie

Indice di sufficienza azotata (ISA)

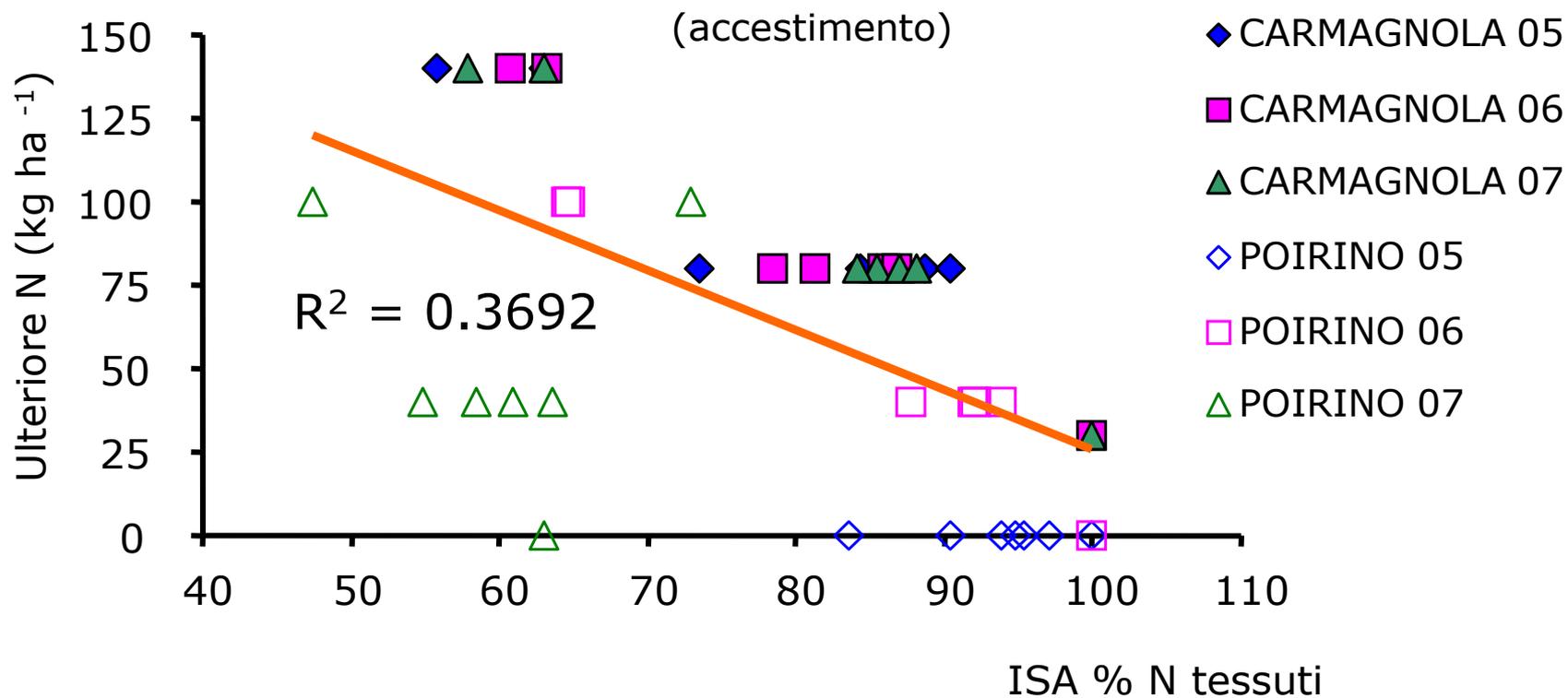


$$\text{ISA Colore fogliare} = \frac{\text{valore Colore fogliare Trattamento}}{\text{valore Colore fogliare Trattamento Spia}}$$

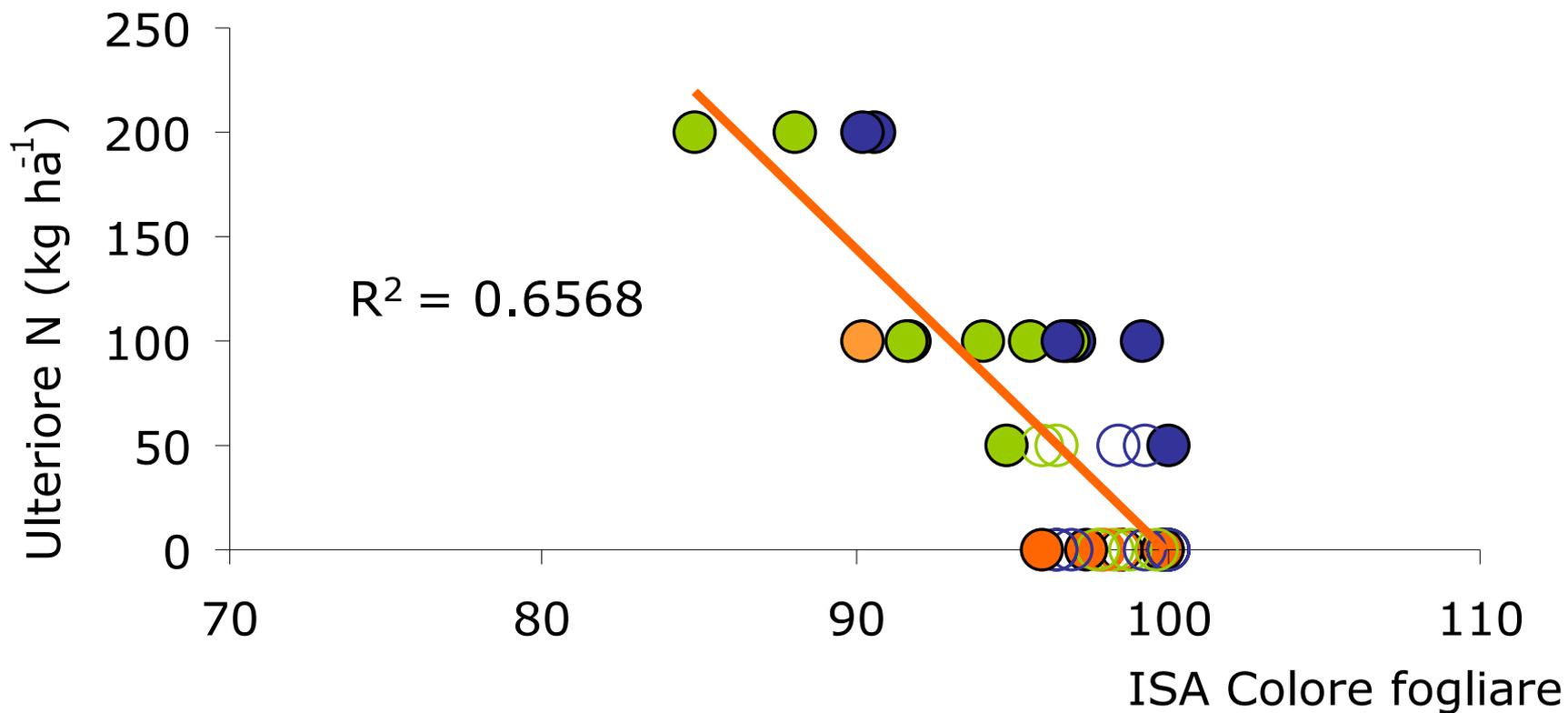
Deficit N – ISA colore fogliare frumento



Deficit N – ISA % N frumento



Deficit N – ISA colore fogliare mais



- Carmagnola 2004
- Carmagnola 2005
- Carmagnola 2006
- Poirino 2005
- Poirino 2006

Conclusioni

Come sarà la fertilizzazione dei seminativi in futuro ?

Ci sono elementi tecnici per **organizzarla** meglio : utilizziamo uno **schema di bilancio** che sia condiviso

Alcune voci di bilancio sono note altre devono ancora essere studiate : creazione di **banche dati** inter-regionali

Curva di risposta : dato sperimentale

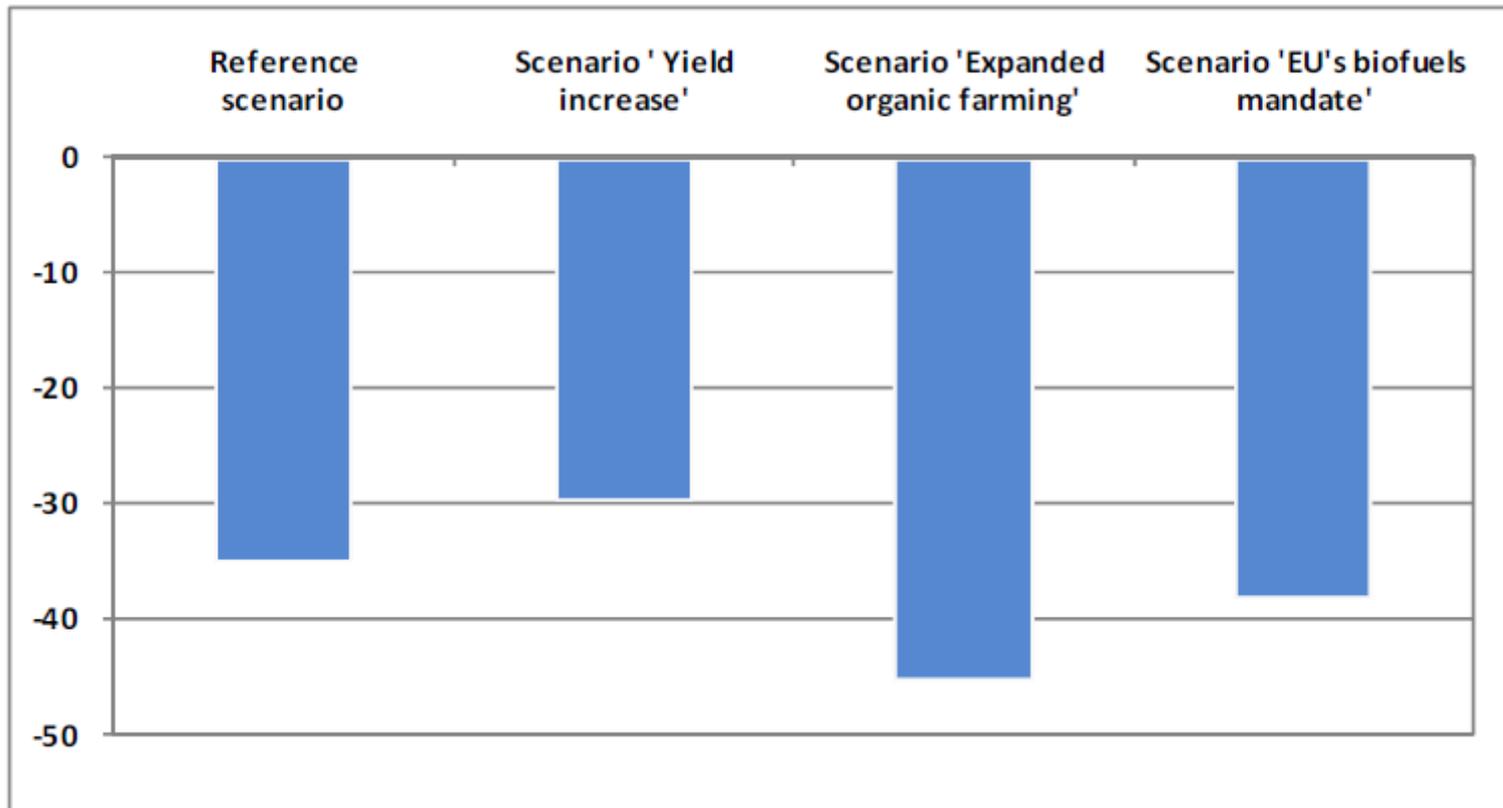
Bilancio colturale **medio** : utile per stabilire standard

stagionale a indicatori sintetici : lo strumento più operativo

stagionale a indicatori colturali : precision farming

La fertilizzazione rimane necessaria

**Scenari di cambiamento della gestione agronomica:
effetto sulle importazioni nette in Europa
(milioni di ha)**



“Grazie per l’attenzione”

Carlo Grignani

Anna Maria Stellacci

Giuseppe Carnevali



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI TORINO



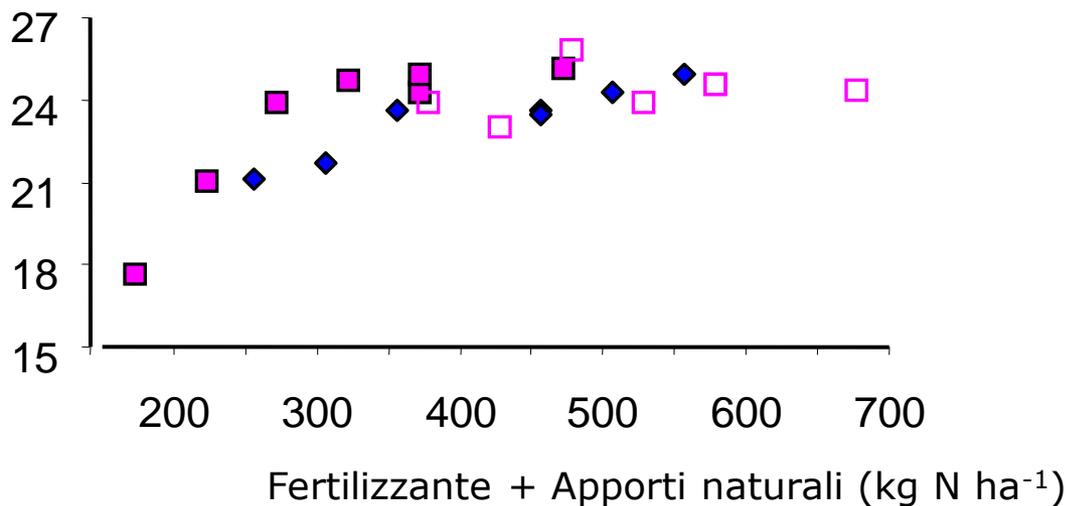
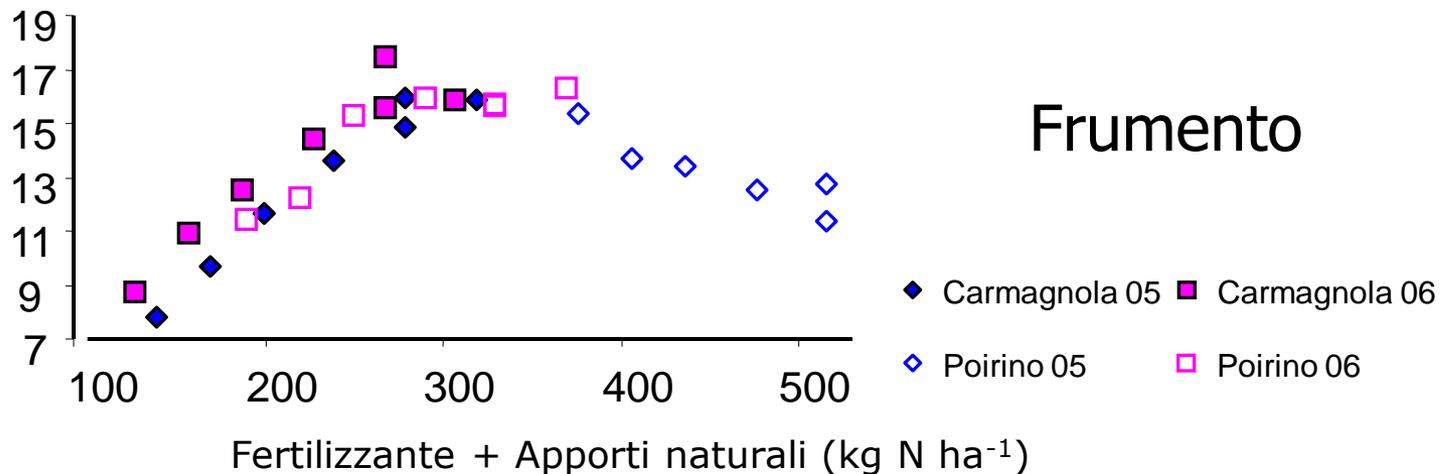
UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI BARI
ALDO MORO



Regione Emilia-Romagna

Risposta alla disponibilità totale di N nel suolo

Prod. pianta intera (t ss ha⁻¹)



Lo sviluppo dell'uso del colore fogliare

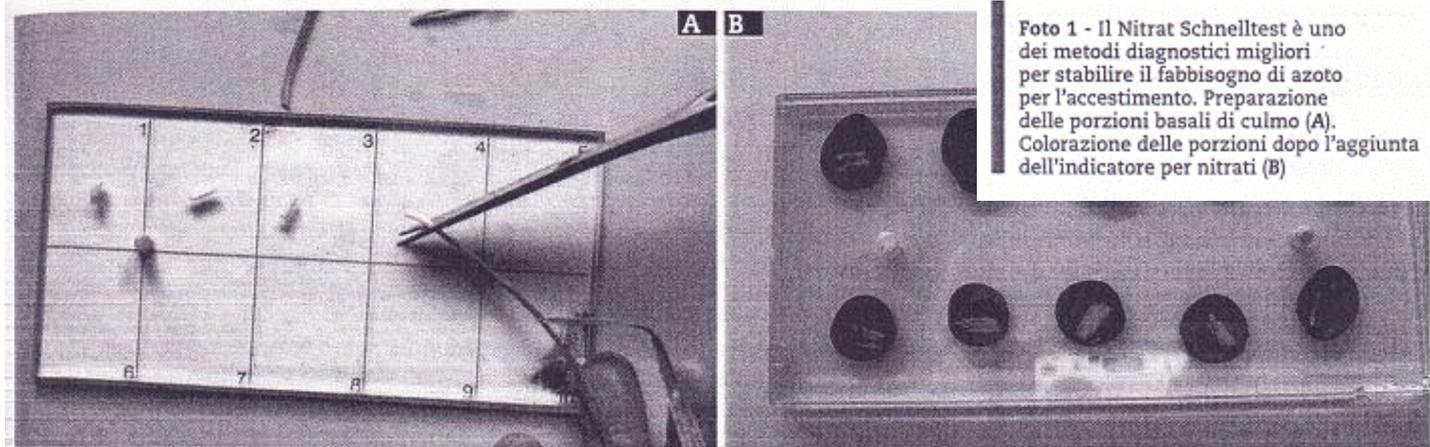
Metodo che funziona

In campo è molto tedioso

Da misure manuali a sensori su ampia
superficie

Concentrazione di N nitrico nella linfa o
nei tessuti conduttivi

Concentrazione di N-NO₃ Frumento

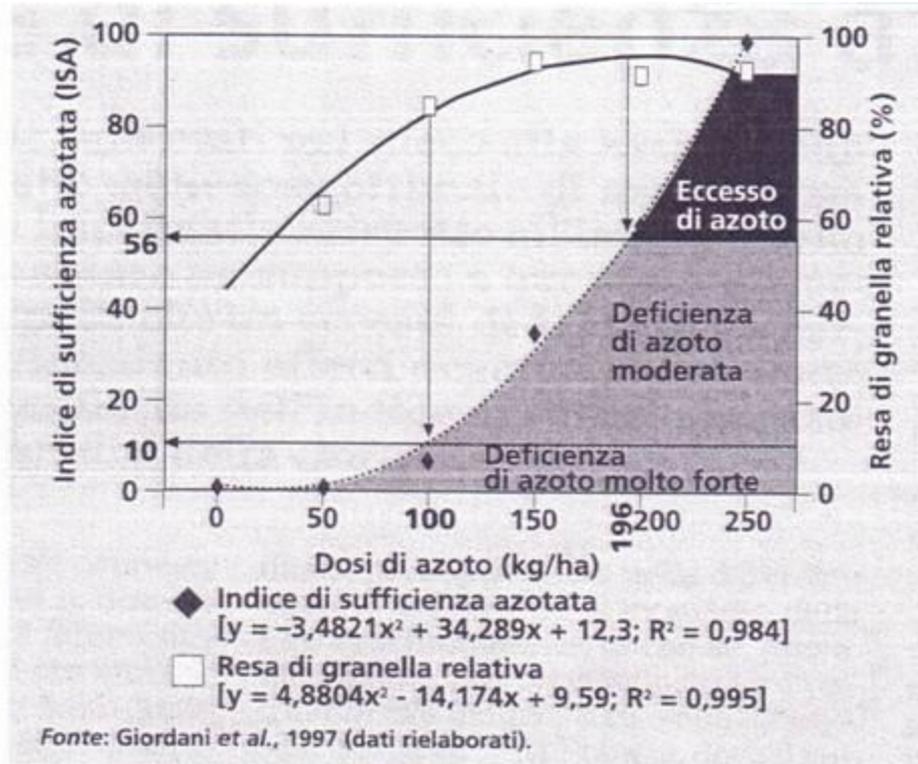


Dosi di N consigliate dal Nitrat Schnelltest (*)

Indice di colore	0-1	1-2	2-3
Dose di azoto consigliata (kg/ha)	60-90	30-60	0-30
* Le dosi consigliate derivano da ricerche condotte in Italia. Quelle del metodo originale risultano più basse (da 0 a 50 kg/ha di N).			

Gli autori ritengono che il metodo, impiegato per valutare la concentrazione di nitrati alla base del culmo, indichi in modo inconfutabile quando è necessario intervenire e con quale dose.

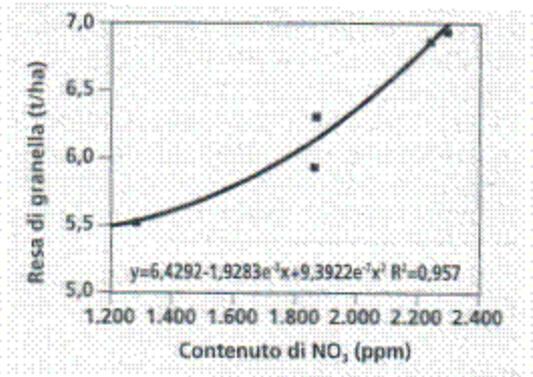
Concentrazione di N-NO₃ Frumento



Studi precedenti avevano comunque indicato la potenzialità della definizione dello stato nutrizionale azotato del frumento (stadio di I e II nodo) mediante analisi dei nitrati e calcolo dell'indice di sufficienza.

Concentrazione di N-NO₃ Mais e Sorgo

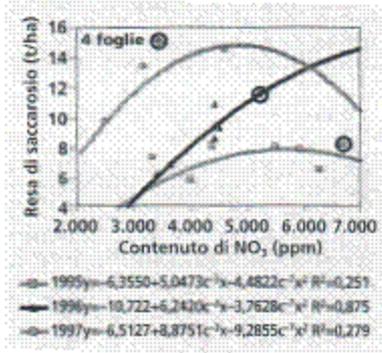
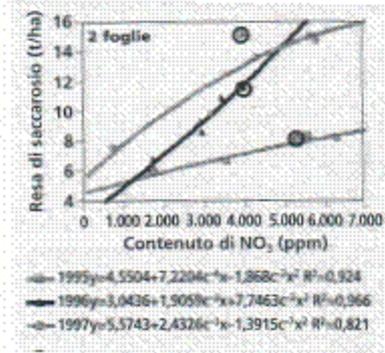
Per il mais, in fase precoce, la valutazione del contenuto di N minerale nel suolo (PSNT) appare il metodo più valido perché l'analisi dei nitrati nella pianta non è in grado di fornire indicazioni precise a causa dell'enorme variabilità dovuta all'umidità del terreno ed alla luminosità nei giorni immediatamente precedenti il rilievo (**Giordani, 1997; Giordani et al., 2002**).



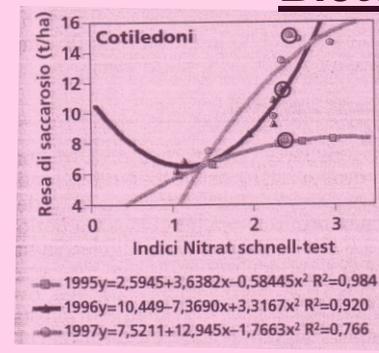
Relazione tra resa di granella e contenuto di nitrati nel succo della base del culmo, stadio di sviluppo di 5 foglie.

Sul sorgo, nonostante l'elevata correlazione osservata tra resa di granella e contenuto di nitrati nella porzione basale della pianta, l'impiego del Nitrat Schnell-test negli stadi di sviluppo di 4-6 foglie non sembra sempre in grado di discriminare lo stato nutrizionale della pianta a causa delle variazioni nello stato idrico del terreno (**Giordani et al., 1998**).

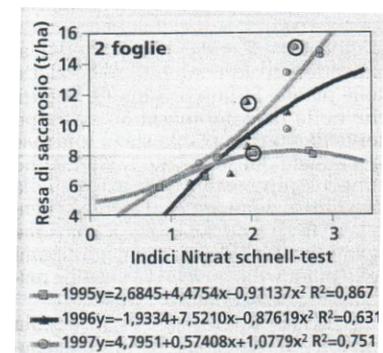
Concentrazione di N-NO₃ Bietola



Relazioni tra produzione di saccarosio e contenuto di nitrati nella radice negli stadi di 2 e 4 foglie.
I valori cerchiati corrispondono alla migliore resa in saccarosio.

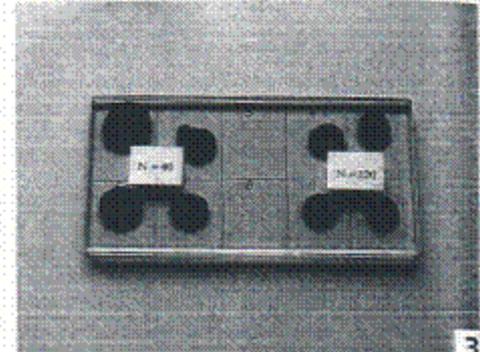
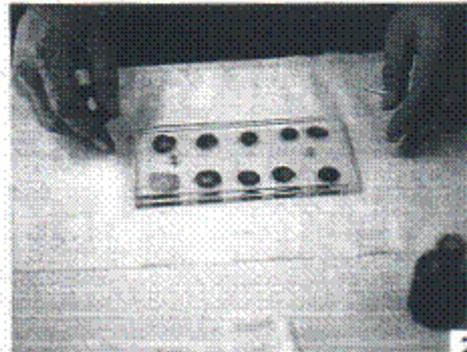
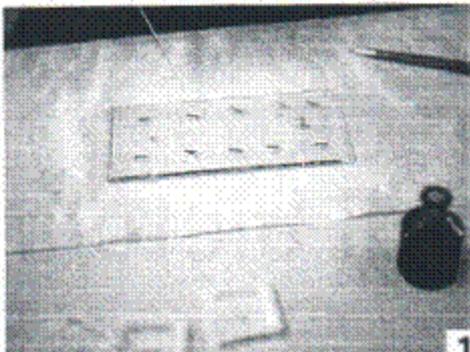


Relazioni tra produzione di saccarosio e indici Nitrat Schnell-test del colletto nello stadio cotiledonare e di 2.
I valori cerchiati corrispondono alla migliore resa in saccarosio.



Nello stadio cotiledonare è stata osservata elevata correlazione tra nitrati nel colletto e resa in saccarosio nonché elevata concordanza negli anni dei valori rilevati indipendentemente dal contenuto di umidità nel suolo a differenza di quanto rilevato su colture cerealicole. Un valore di 2,4 del Nitrat Schnell-test viene indicato come rappresentativo dello stato nutrizionale ottimale per la coltura.

Gli indici ottenuti eseguendo il test sui piccioli necessitano invece di ulteriore validazione.



Esecuzione del Nitrat Schnelltest su porzioni antocianiche di radici di bietola

Concentrazione di N-NO₃ Pomodoro da industria

	coefficiente di correlazione				
	30 DAT	42 DAT	57 DAT	71 DAT	84 DAT
Total-%N plant vs sap	0.716	0.917	0.861	0.866	0.819
Total-%N plant vs SPAD	0.828	0.898	0.098	0.743	0.525

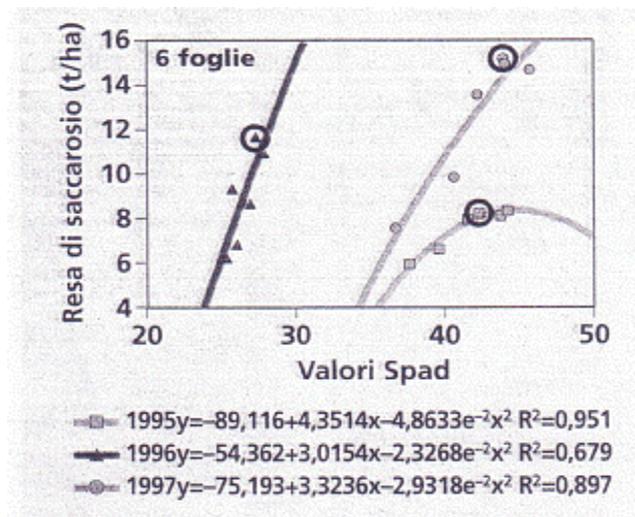
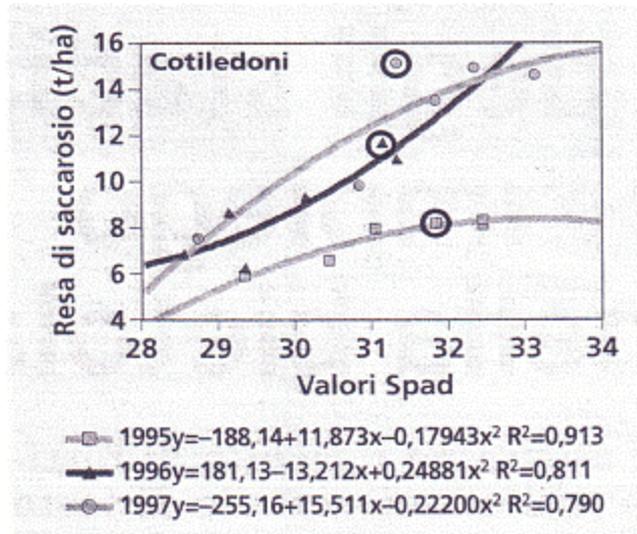
Correlazione lineare tra concentrazione di N totale nella pianta e contenuto di N-NO₃ nei piccioli (Farneselli et al., 2010)

È stata evidenziata elevata correlazione tra il contenuto di N-NO₃ nella linfa dei piccioli ed il contenuto di N totale nell'intera pianta e la capacità del test di discriminare lo stato nutrizionale azotato per circa 2/3 del ciclo colturale, periodo cruciale per la gestione della concimazione azotata (Farneselli et al., 2010).

Gli autori ritengono pertanto che, nonostante i numerosi fattori capaci di influenzare la concentrazione di nitrato nei piccioli, il test possa essere ritenuto attendibile per questa specie.

Contenuto relativo in clorofilla totale
fogliare

Contenuto in clorofilla Bietola da zucchero



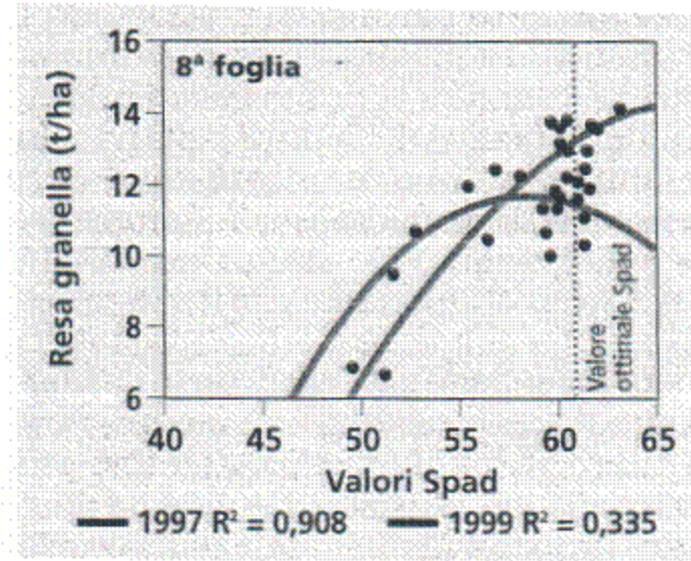
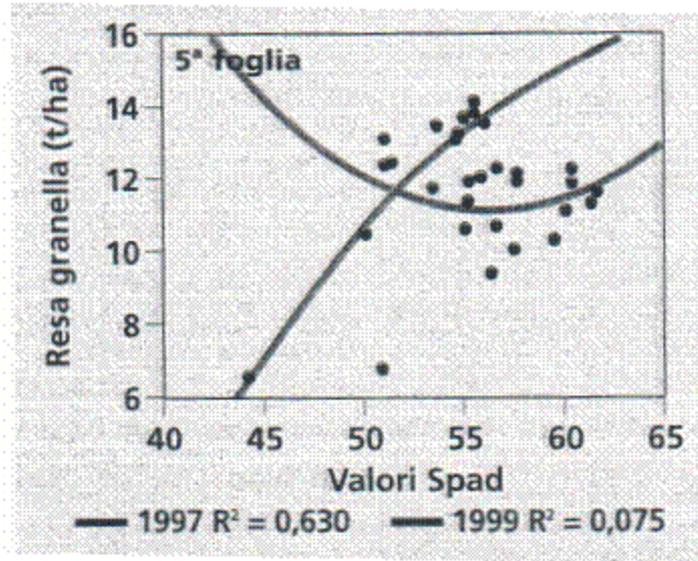
Nella fase cotiledonare e dopo lo sviluppo della 6 foglia lo SPAD è in grado di definire efficacemente lo stato azotato della coltura, poiché i valori mostrano ripetibilità negli anni.

Tuttavia, nello stadio cotiledonare il ridotto intervallo di variazione dei valori potrebbe risultare critico per consentire di discriminare efficacemente lo stato nutrizionale della coltura;

allo stadio di 6 foglie, nonostante la maggiore attendibilità del dato rilevato, il verificarsi di piogge intense potrebbe rendere poco utilizzabile il test per problemi relativi all'assorbimento del nutriente indipendentemente dalla disponibilità nel suolo.

Giordani e Bernati, 1998

Contenuto in clorofilla Mais



Sul mais le analisi rapide del contenuto in clorofilla hanno fornito indicazioni migliori rispetto alla valutazione del contenuto di nitrati nella pianta anche se non sono state ottenute indicazioni precise nella fase V6.

Studi condotti su diversi ibridi hanno mostrato come, mentre nello stadio di 4-5 foglia (epoca della sarchiatura) non sia possibile individuare valori precisi e ripetibili, nella fase di 8 foglia sia possibile individuare un unico valore specifico per ogni ibrido, in grado, con un sufficiente livello di precisione, di definire lo stato nutrizionale ottimale della coltura.

Contenuto in clorofilla Frumento e Mais

Sia per il mais che per il frumento l'adozione di approcci relativi, basati sull'impiego di parcelle spia e di indici di sufficienza, ha fornito risultati attendibili.

Per il mais tale tipo di approccio consentirebbe non solo di evitare l'influenza varietale ma anche di non dover essere così precisi in relazione allo stadio di sviluppo della coltura, anticipando l'epoca di valutazione dello stato nutrizionale che risulta per questa coltura la maggiore limitazione legata all'impiego dell'indicatore.

In ogni caso, anche questo indicatore sembra aver fornito risultati interessanti solo dopo l'emissione dell'8 foglia.

Indici di sufficienza suddivisi in 4 classi corrispondenti alla dose ottimale di N (stadio V8)

Dosi di N ottimali (kg/ha)	Indici di sufficienza				Classi indici di sufficienza
	1993	1995	1997	1999	
0				95,3	>95
100	93,8		91,9-93,1	87,8	90-95
200	90,0		84,8	85,8	85-90
300		74,1 - 84,2- 78,3 - 76,0	81,7		<85

Contenuto in clorofilla Frumento

Dosi di N consigliate con impiego di N-tester a inizio levata

Valori indice di sufficienza	Dose di azoto consigliata (kg/ha)
>95	0
90-95	50
85-90	100
< 85	100-120(*)

* In questo caso gli autori suggeriscono di effettuare un'ulteriore verifica prima della fine della levata.

Per il frumento l'indice di sufficienza azotata calcolato mediante l'impiego dell'N tester viene proposto come metodo da adottare durante la fase di levata per praticità ed attendibilità.

Contenuto in clorofilla Pomodoro da industria

Table 4. SPAD readings in relation to N rates and fertigation-irrigation treatments during the crop growth cycle (as days after transplanting, DAT).

Treatments	SPAD readings				
	30 DAT	42 DAT	57 DAT	71 DAT	84 DAT
F1 N0	52.2	49.0	53.4	49.9	54.0
F3 N0	51.9	48.6	53.6	52.4	52.8
F1 N100	53.0	56.0	56.8	51.0	56.8
F1+I2 N100	53.5	58.4	53.4	53.9	55.4
F3 N100	51.5	58.2	54.9	51.3	53.2
F1 N300	53.2	60.0	55.7	54.8	55.5
F1+I2 N 300	53.8	61.6	54.4	54.6	54.8
F3 N300	53.9	64.9	53.8	55.3	57.6
Sed	1.66	1.77	1.29	2.50	1.51

Farneselli et al., 2010

Le letture di SPAD sono risultate meno sensibili ed attendibili rispetto alle indicazioni fornite da altri indicatori nel caratterizzare lo stato nutrizionale della coltura, avendo fatto rilevare differenze significative solo a 42 e 71 giorni DAT e solo tra tesi concimate e non concimate (Farneselli et al., 2010).

La minore capacità di discriminare lo stato nutrizionale è stata attribuita dagli autori alla ridotta variazione del peso specifico fogliare nello strato superiore della copertura vegetale ed al fatto che l'N presente nella clorofilla rappresenti una bassa percentuale della concentrazione totale di N.

NNI e relazioni con altri indicatori rapidi
dello stato nutrizionale

NNI vs N-NO₃ piccioli **Pomodoro da industria**

Concordanza nella classificazione dello stato nutrizionale della coltura valutato mediante NNI e N-NO₃ nei piccioli (Farneselli et al., 2010).

Treatments	30 DAT		42 DAT		57 DAT		71 DAT		84 DAT	
	sap	NNI								
F1 N0	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
F3 N0	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
F1 N100	S	S	S	S	S	S	S	S	S	O
F1+I2 N100	S	S	S	S	S	S	S	S	S	O
F3 N100	S	S	S	S	S	S	S	S	S	O
F1 N300	S	S	S	S	O	O	S	O	O	L
F1+I2 N 300	O	S	L	L	L	L	L	L	O	L
F3 N300	S	S	L	L	L	L	L	L	O	L

I risultati hanno evidenziato elevata concordanza nella valutazione dello stato nutrizionale tra concentrazione di nitrati nei piccioli e NNI tranne che nella fase finale del ciclo colturale (84 DAT), epoca in cui comunque la gestione della concimazione azotata non assume più un ruolo cruciale.

La minore correlazione rilevata nell'ultima fase è stata attribuita al fatto che, nelle foglie dello strato superiore della copertura vegetale dal quale i piccioli erano stati raccolti, la concentrazione tende a rimanere costante.

Bilancio stagionale "Indicatori culturali"

Indicatori dello stato nutrizionale azotato delle colture

Indicatori diretti ed indiretti	Determinazione analitica	Determinazione rapida principio strumento	
Concentrazione di N totale in specifici tessuti o nell'intera pianta	Combustione a umido (Kjeldahl), combustione a secco (Dumas)		
Concentrazione di N nitrico nella linfa o nei tessuti conduttivi	Cromatografia ionica, spettrofotometria, elettrodi iono-selettivi	Reazioni colorimetriche (e letture mediante carte colorimetriche o riflettometri)	Merckoquant test strips Nitrat Schnelltest
Contenuto in clorofilla totale a livello di: foglia copertura vegetale	Spettrofotometria	Valutazione delle proprietà ottiche delle foglie o del manto vegetale (riflettanza, trasmittanza)	SPAD, Hydro N tester Strumenti dotati di <i>active light source</i> (greenseeker, cropcircle) radiometri multispettrali (Yara N-Sensor/ FieldScan, CropScan, Fieldspec, ecc.)
Contenuto in polifenoli (EPhen)	Spettrofotometria	Valutazione delle proprietà ottiche delle foglie (fluorescenza della clorofilla)	Dualex, Multiplex