



Fertilizzazione

- 1 -



Fertilizzazione

Agronomia

Apporto di sostanze al terreno in grado di migliorarne la fertilità

Fertilizzazione

Concimazione: apporto di elementi nutritivi direttamente utilizzabili dalla pianta

Ammendamento: apporto di sostanze al terreno in grado di migliorarne le caratteristiche fisiche

Correzione: miglioramento delle caratteristiche del suolo (e.g. pH)



Fertilizzazione

Legislazione vigente

Agronomia

Definizioni ai sensi dell'articolo 2 della **legge 748/1984**:

- **Fertilizzante** si intende "qualsiasi sostanza che, per il suo contenuto in elementi nutritivi oppure per le sue peculiari caratteristiche chimiche, fisiche e biologiche contribuisce al **miglioramento della fertilità** del terreno agrario oppure al **nutrimento** delle specie vegetali coltivate o, comunque, ad un loro "**migliore sviluppo**" e comprende prodotti minerali, organici e organo-minerali, che si suddividono in "concimi" ed "ammendanti e correttivi".
- **Concime** si intende "qualsiasi sostanza, naturale o sintetica, minerale od organica, idonea a fornire alle colture l'elemento o gli **elementi chimici della fertilità** a queste necessarie per lo svolgimento del loro ciclo vegetativo e produttivo, secondo le forme e le solubilità previste dalla presente legge".



Fertilizzazione

Legislazione vigente

Agronomia

Definizioni ai sensi dell'articolo 2 della **legge 748/1984**:

{...continua...}

- **Ammendante e correttivo** si intende "qualsiasi sostanza, naturale o sintetica, minerale od organica, capace di **modificare e migliorare le proprietà e le caratteristiche** chimiche, fisiche, biologiche e meccaniche di un terreno".



Fertilizzazione

Legislazione vigente

Agronomia

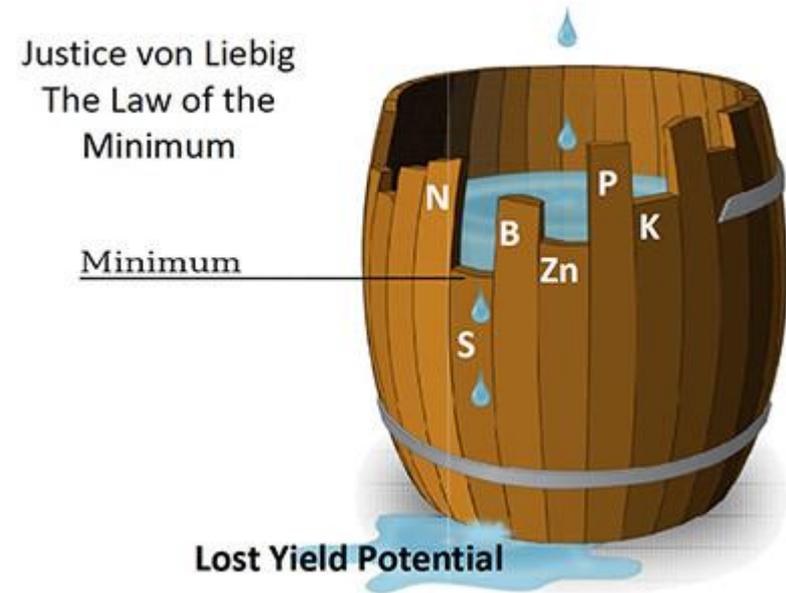
Definizioni ai sensi del **Decreto Legislativo 29 aprile 2010, n. 75**:

- **Fertilizzante** si intende “qualsiasi sostanza che, per il suo contenuto in elementi nutritivi oppure per le sue peculiari caratteristiche chimiche, fisiche e biologiche contribuisce al miglioramento della fertilità del terreno agrario oppure al nutrimento delle specie vegetali coltivate o, comunque, ad un loro migliore sviluppo” e comprende prodotti minerali, organici e organo–minerali, che si suddividono in “concimi” ed “ammendanti e correttivi”.
- **Concime** si intende “prodotti la cui funzione principale è **fornire elementi nutritivi** alle piante”.
- **Ammendante e correttivo** si intende “i materiali da aggiungere al suolo in situ, principalmente per **conservarne o migliorarne le caratteristiche** fisiche e/o chimiche e/o **l'attività biologica**”.



14 elementi indispensabili alla crescita e alla produzione delle piante

- **Macroelementi maggiori (elementi nutritivi principali):** sono quelli **più assorbiti e più limitanti le rese:**
 - ✓ Azoto ✓ Fosforo ✓ Potassio
- **Elementi nutritivi secondari:** sono **in genere presenti** nel terreno in quantità non limitante:
 - ✓ Calcio ✓ Magnesio ✓ Zolfo ✓ Sodio
- **Microelementi o oligoelementi:** agiscono in **quantità ridottissime**, entrando nella **costituzione di enzimi:**
 - ✓ Boro ✓ Cobalto ✓ Rame ✓ Zinco
 - ✓ Ferro ✓ Manganese ✓ Molibdeno

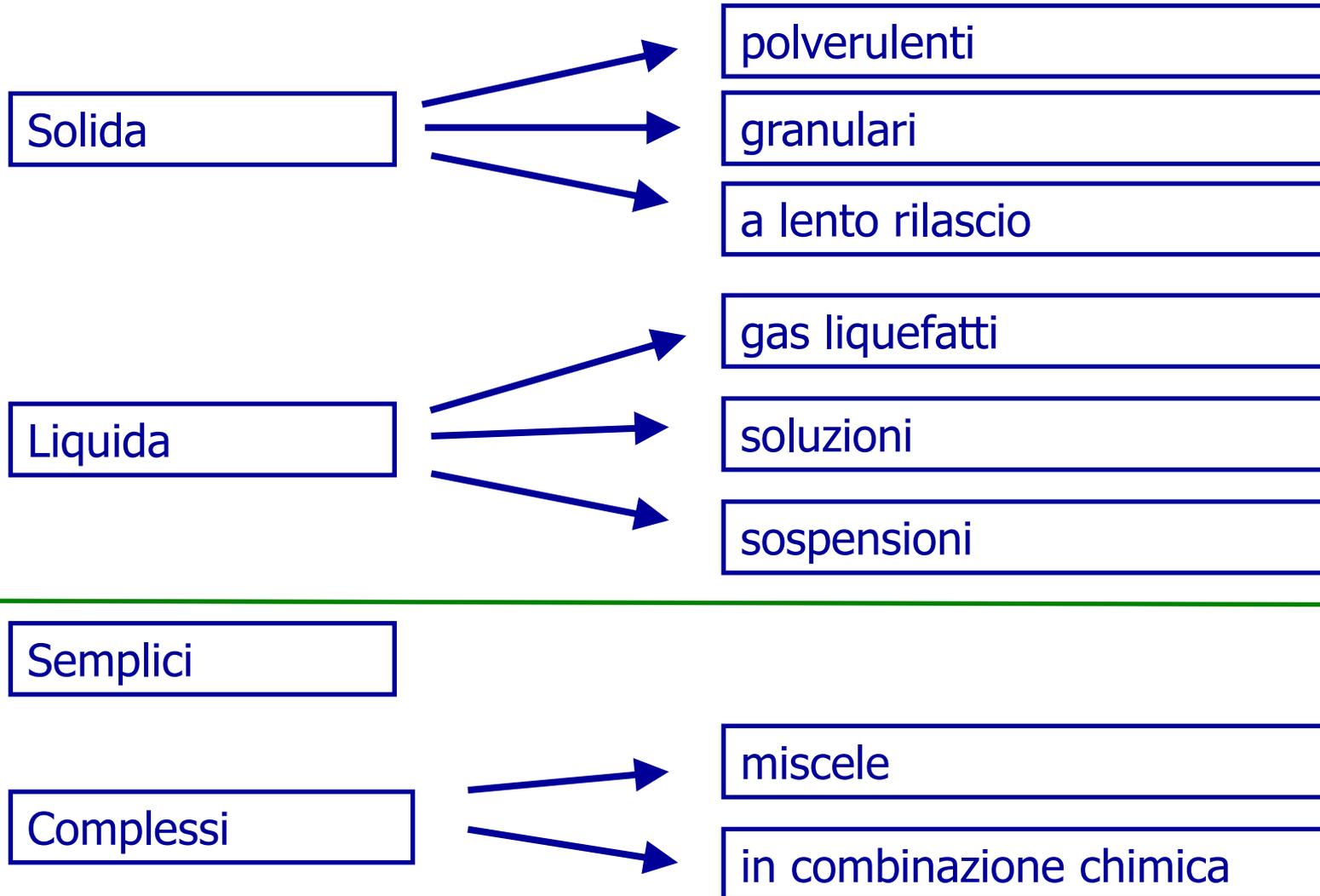




Concimazione

Forme dei concimi

Agronomia





Concimazione

Titolo dei concimi

Agronomia

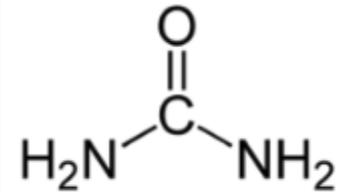
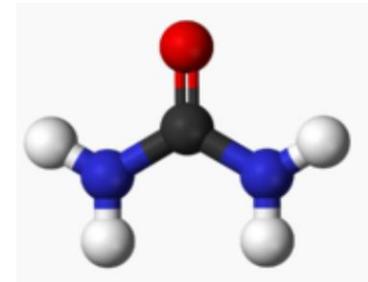
- Il **titolo** di un concime è il **contenuto in elementi nutritivi** del concime espresso in **% sulla massa**.
- Per movimentare e distribuire **meno materiale**, è opportuno sia **alto**. **Spesso però è la stechiometria che lo determina**.

✓ Ad es. **urea**: 46% di N (ed è uno dei più alti); la sua formula è $\text{H}_2\text{N}-\text{CO}-\text{NH}_2$; i **pesi atomici** sono:

✓ $\text{H}=1$; $\text{N}=14$; $\text{C}=12$; $\text{O}=16$;

✓ Totale = $4\text{H}+2\text{N}+1\text{C}+1\text{O}=60$; $\text{N}=28$

✓ $28/60 \cdot 100 = 46.6\%$



- Dovendo applicare un **certo quantitativo** per ha **di elemento nutritivo**, **occorre dividere il quantitativo per il titolo**.

✓ es. 150 kg ha^{-1} di N come urea

✓ occorrono $150/0.46 = 326 \text{ kg}$ di prodotto per ha.

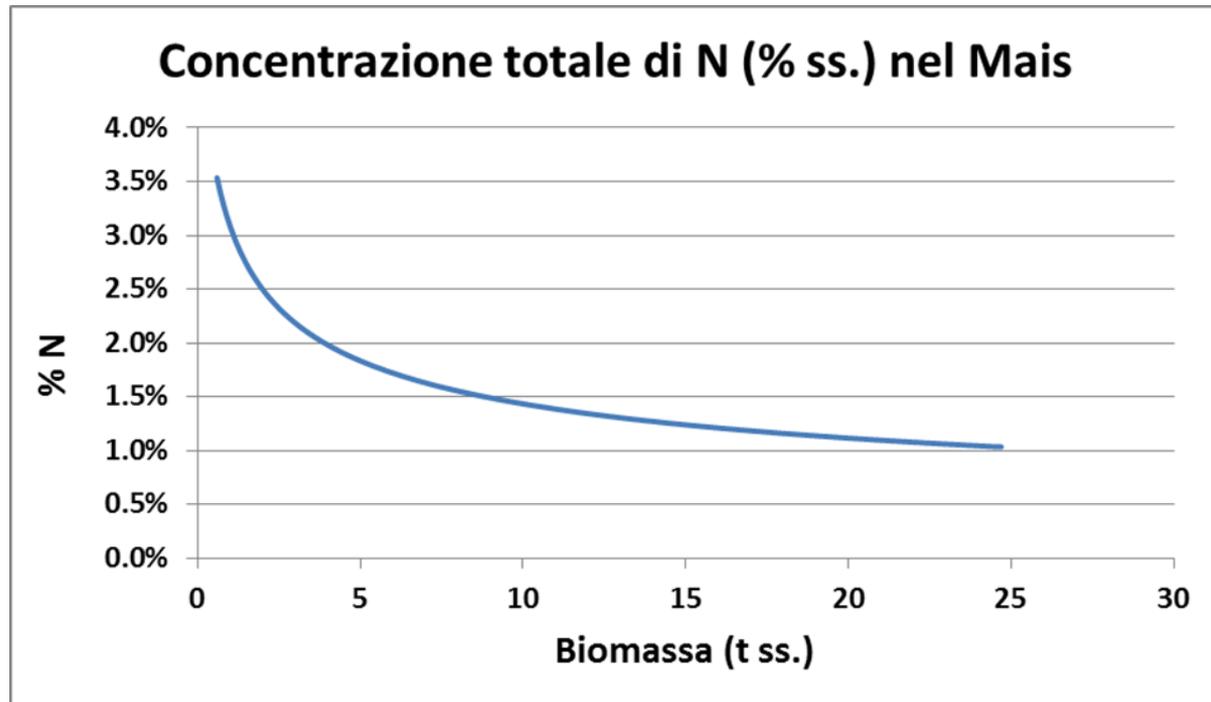


Concimazione

Azoto

Agronomia

- Rappresenta il **5-6% in tessuti giovani, 1-3% in tessuti maturi**
- Costituente delle **proteine** (convenzionalmente proteina = N tot · 6.25)
- Il **livello produttivo** è primariamente condizionato dall'**assorbimento di N**: carenze azotate si ripercuotono sulle produzioni!
- L'N è di stimolo all'accrescimento, **clorofilla abbondante.**
- Impatto sulla **qualità** delle produzioni





Concimazione

Azoto - Eccesso

Agronomia

Problemi connessi a **elevata o eccessiva disponibilità** di N:

- **Rallenta lo sviluppo fenologico**: ritardo fioritura, maturazione
 - ✓ stretta da caldo nei cereali
 - ✓ troppo N in saccarifere e frutti
- **Minor resistenza a avversità** climatiche e parassitarie
 - ✓ scarsa resistenza meccanica (allettamento)
 - ✓ suscettibilità a fitopatie (e.g. malattie fungine)
 - ✓ sensibilità al freddo (> acquosità dei tessuti)
- **Aumento consumi idrici**: sinergismo tra acqua e N, il forte aumento produttivo aumenta la richiesta di acqua
- **Accumulo di nitrati** nella pianta: l'attività nitrato-reduttasica diviene insufficiente. Potenziali danni agli utilizzatori (metaemoglobinemia)





Concimazione

Azoto – Fabbisogni

Agronomia

Fabbisogno totale = **asporti** di una coltura **in condizioni non limitanti**
(N potenzialmente assorbibile)

L'asporto di N (kg/ha) **non è lineare**, segue un andamento approssimativamente **sigmoideale**:

- **Fasi iniziali**: poca biomassa, poco assorbimento
- **Elevato assorbimento**
 - ✓ In levata e fioritura nei cereali
 - ✓ In fioritura-allegagione nei fruttiferi
- **Maturazione**: rallentamento assorbimento N

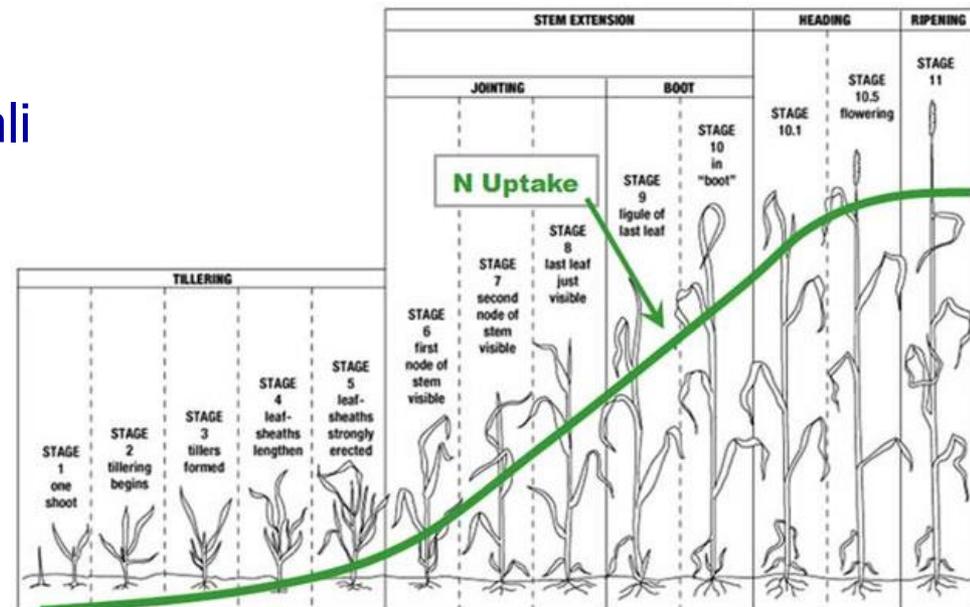


Image 1: Wheat Growth Stages & N Uptake Curve

Source: S.A. Ebelhar, University of Illinois.

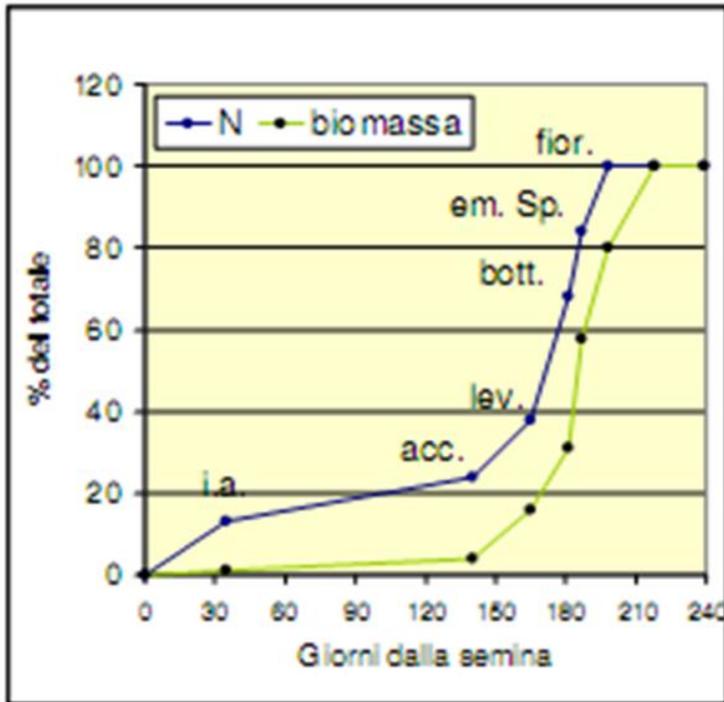


Concimazione

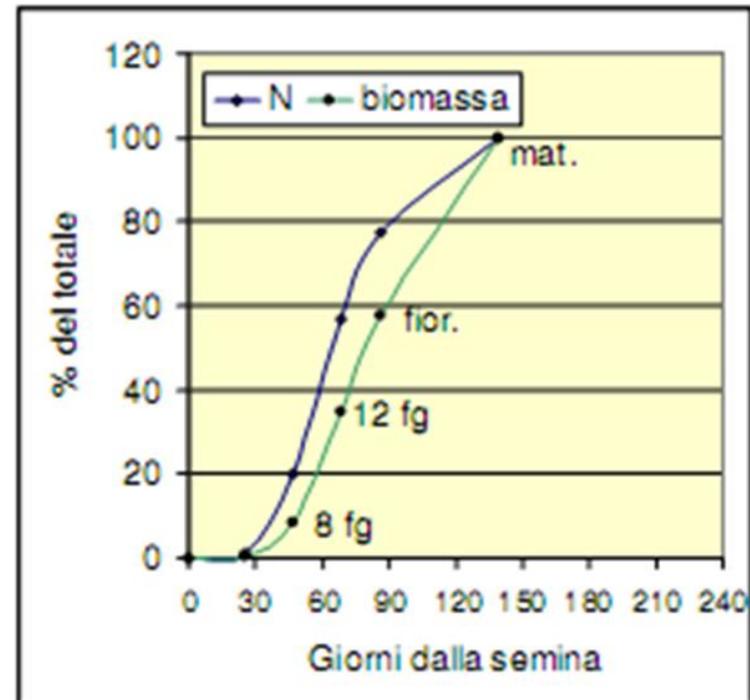
Azoto – Fabbisogni

Agronomia

Assorbimento di azoto



Frumento



Mais

Problemi nella **sincronizzazione** dell'**assorbimento** con la **disponibilità** dell'**N**



Concimazione

Azoto – Fabbisogni

Agronomia

Difficoltà della diagnosi dello stato nutrizionale delle piante:

- il contenuto in N totale non è un buon indice
- poco meglio il contenuto in nitrati
- discreta l'analisi del *contenuto in clorofilla*
 - ✓ che si può fare anche per via ottica sulla pianta in vivo, es. SPAD, Dualex PocketN
 - ✓ Sono in ogni caso richieste **accurate calibrazioni**, solo parzialmente disponibili

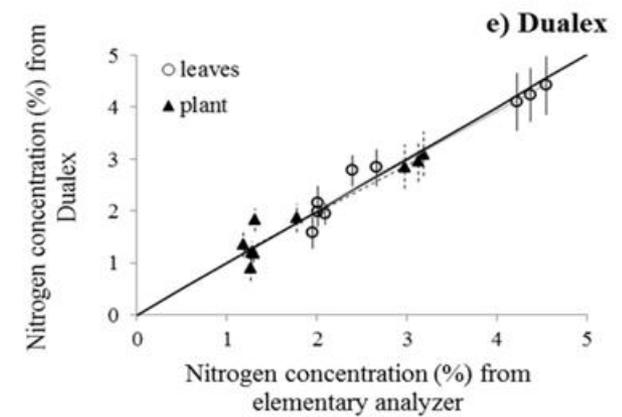
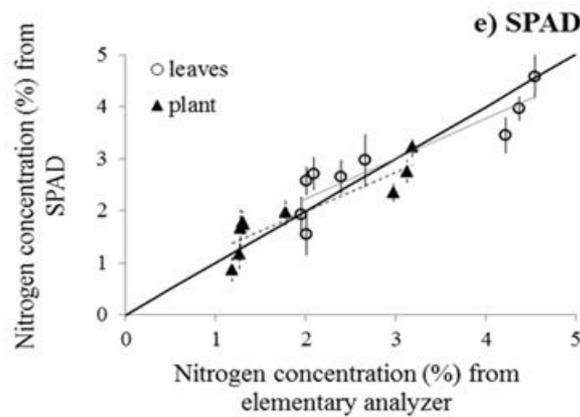
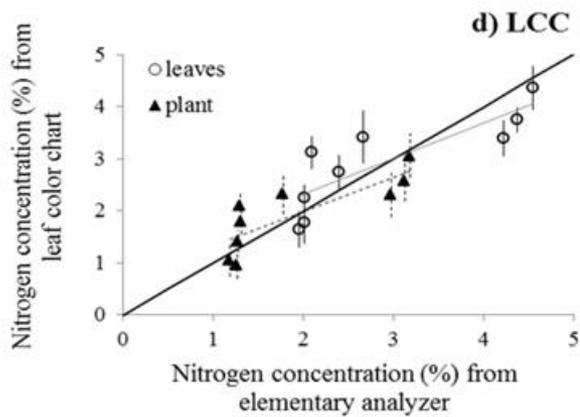
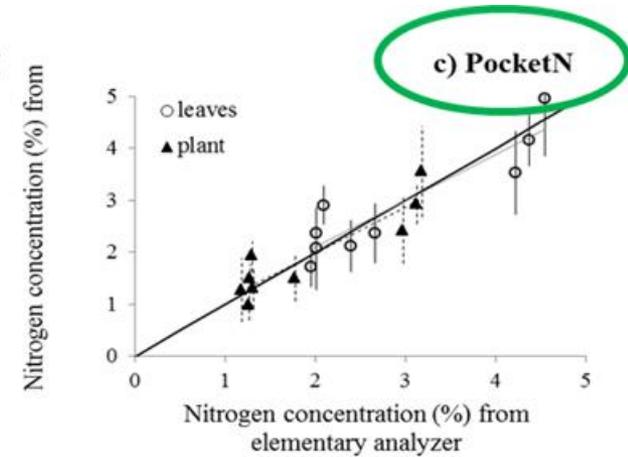
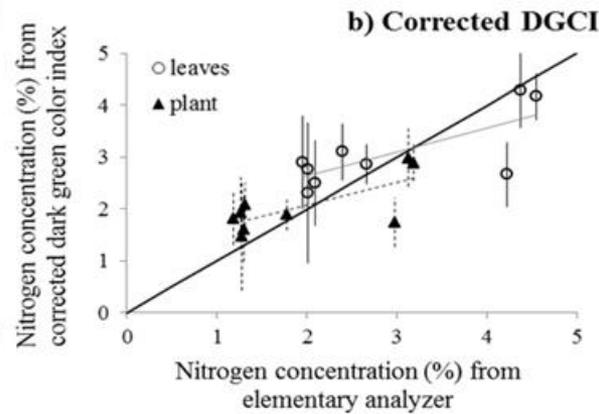
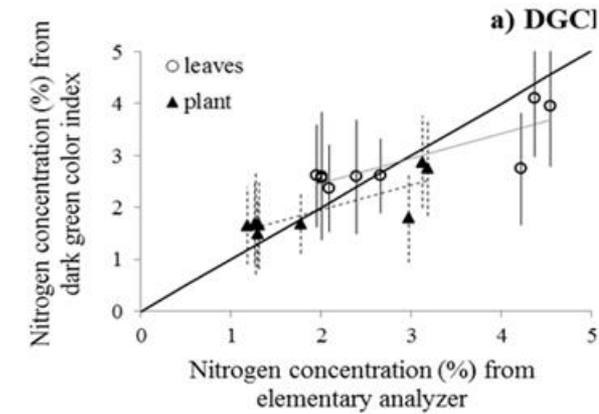




Concimazione

Azoto – Fabbisogni

Agronomia





Concimazione

Azoto – Fabbisogni

Agronomia

PocketN: **curve di taratura** - un esempio su riso -



Campo sperimentale allestito a Gaggiano (MI).

Controllo	THAIBONNET	CARNAROLI	ULISSE	BALILLA
GENERALE	CARAVAGGIO	RONALDO	ARBORIO	VOLANO
KARNAK	CARNISE	BALDO	BRIO	ELLEBI
BARONE CL	MARE CL	VASCO	SELENIO	OPALE
GLADIO	CARNISE PRECOCE	LOTO	CRLB1	Controllo
AIACE	CERERE	GLORIA	GALILEO	ONICE
KEOPE	MECO	CRONO	DARDO	FEDRA
CLEOPATRA	CAMMEO	MIRKO	BESTROSE	PUMA
SIRIO CL	SOLE CL	LUNA CL	AUGUSTO	CENTAURO



Concimazione

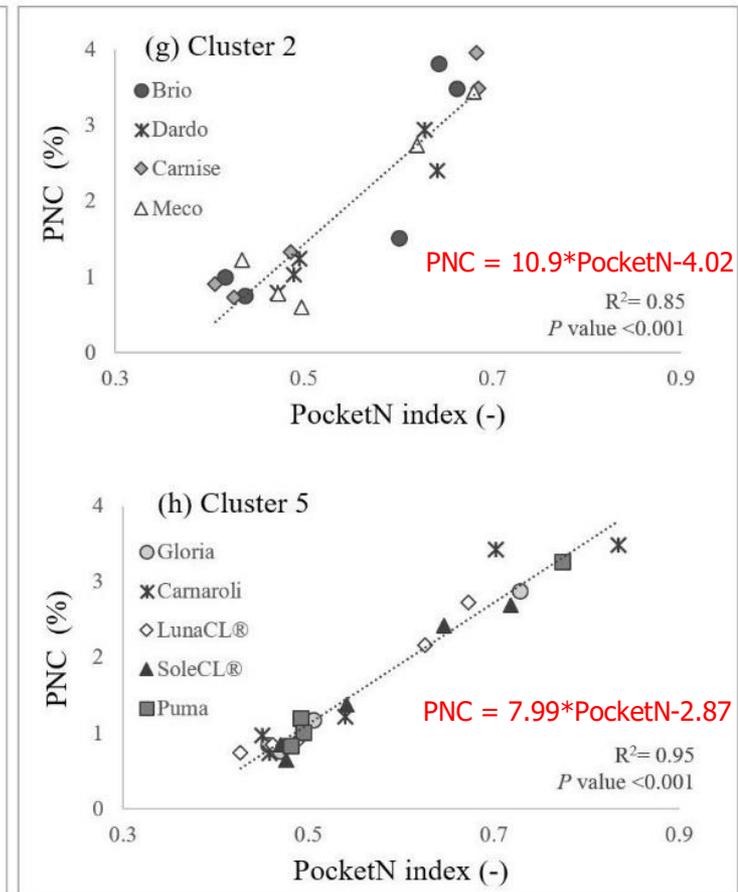
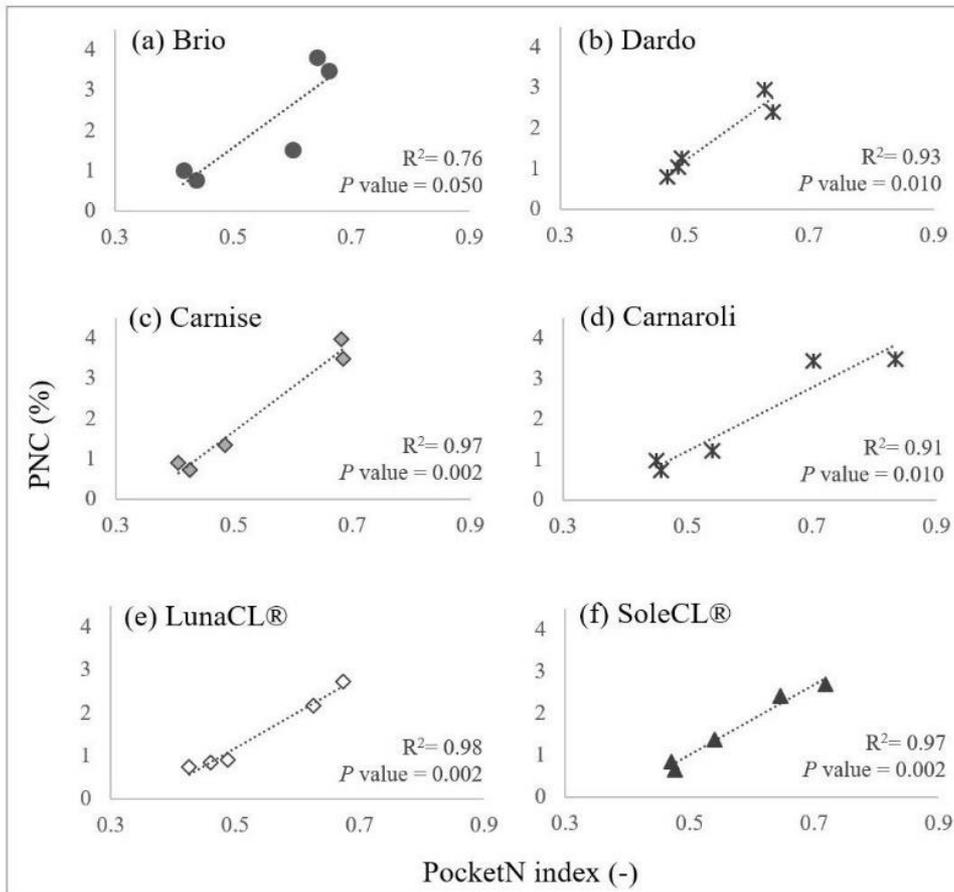
Azoto – Fabbisogni

Agronomia

PocketN: **curve di taratura** (PNC, plant nitrogen content da analizzatore elementare)

varietà-specifiche

per gruppi di varietà





Concimazione

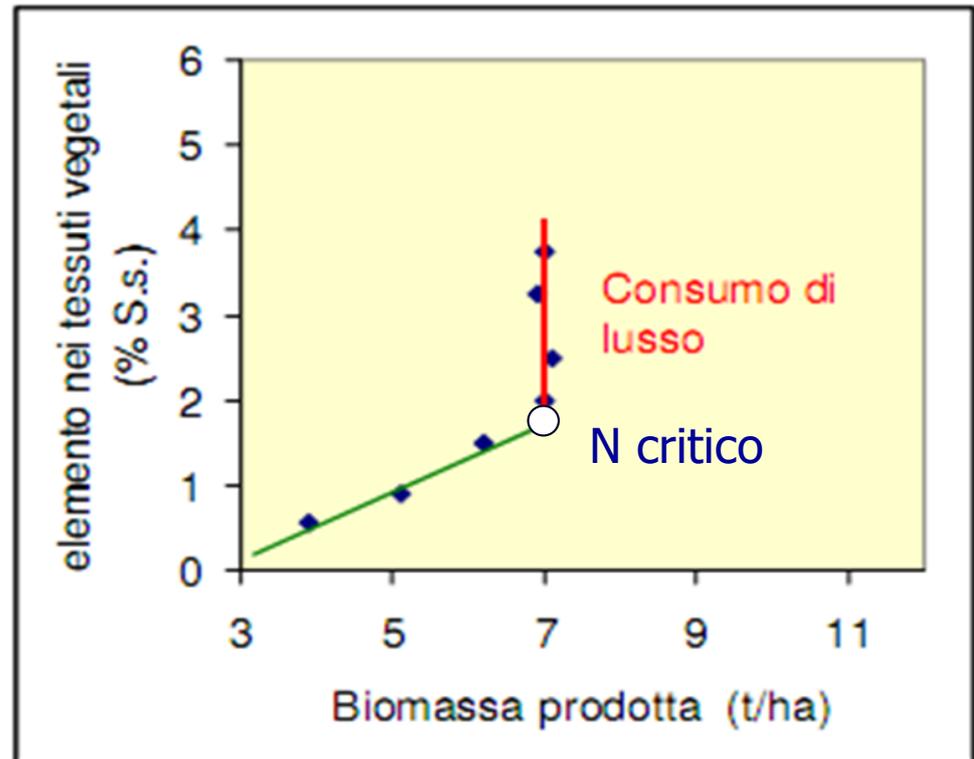
Azoto – Fabbisogni

Agronomia

- Stato nutrizionale?
- Contenuto effettivo di azoto nella pianta (PNC, %)
 - Richiesta di azoto (Ncritico, %)

All'aumentare della dose di azoto:

- Iniziale incremento di biomassa
- Raggiungimento soglia produttiva dovuta a fattori limitanti (genetici, ambientali...)



I punti in successione rappresentano livelli di applicazione crescente di elemento nutritivo

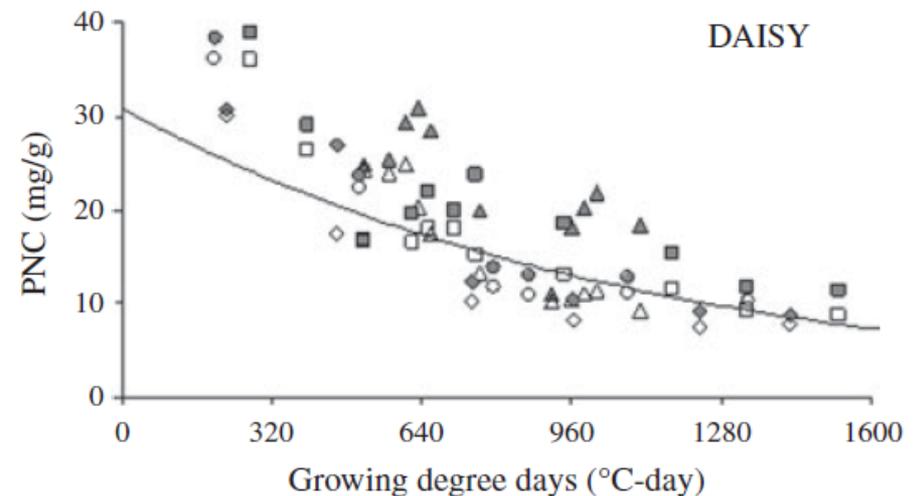
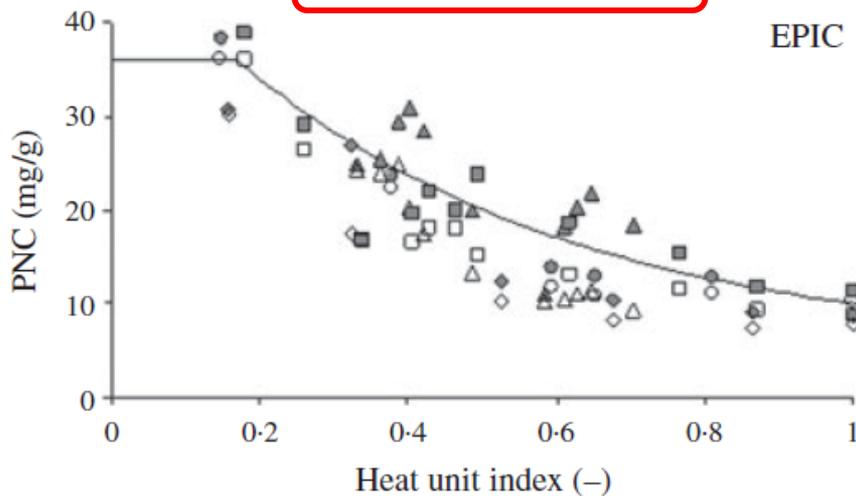
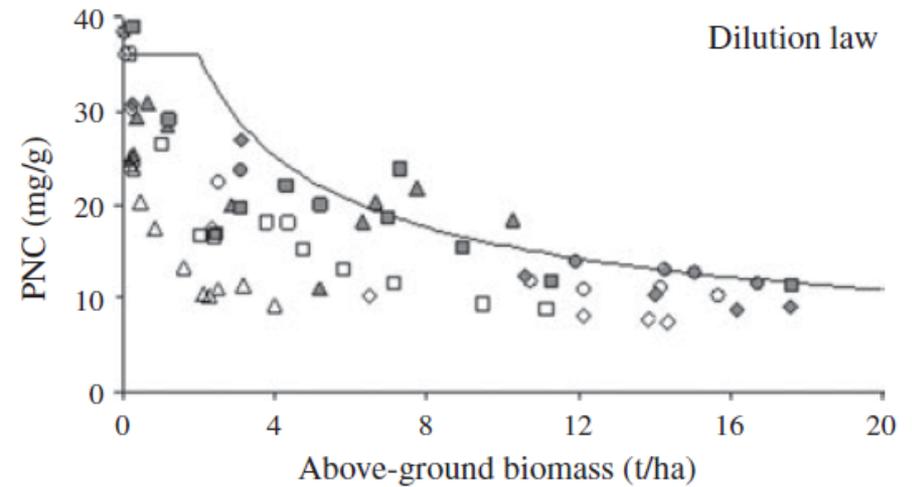
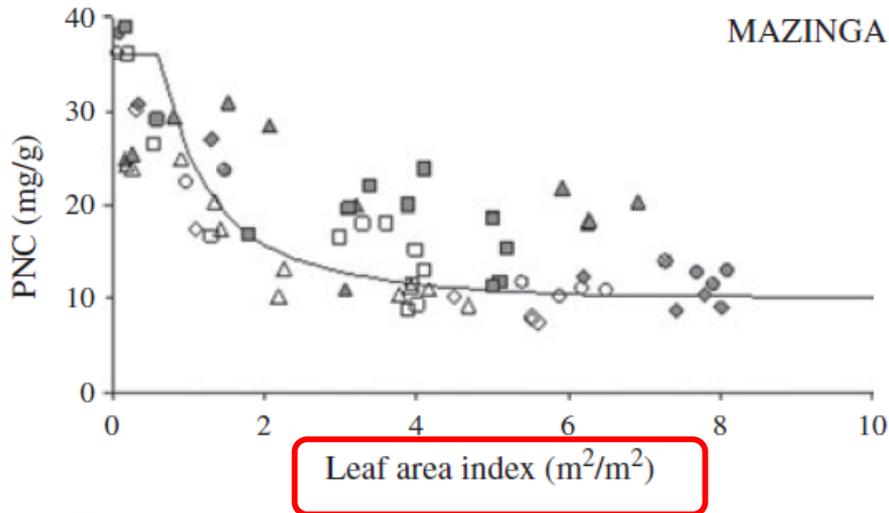


Concimazione

Azoto – Fabbisogni

Agronomia

Stato nutrizionale?





Concimazione

Azoto – Fabbisogni

Agronomia

Journal of Agricultural Science (2011), 149, 633–638. © Cambridge University Press 2011
doi:10.1017/S0021859611000177

633

A new approach for determining rice critical nitrogen concentration

R. CONFALONIERI¹*, C. DEBELLINI², M. PIRONDINI², P. POSSENTI², L. BERGAMINI², G. BARLASSINA², A. BARTOLI², E. G. AGOSTONI², M. APPIANI², L. BABAZADEH², E. BEDIN², A. BIGNOTTI², M. BOUCA², R. BULGARI², A. CANTORE², D. DEGRADI², D. FACCHINETTI², D. FIACCHINO², M. FRIALDI², L. GALUPPINI², C. GORRINI², A. GRITTI², P. GRITTI², S. LONATI², D. MARTINAZZI², C. MESSA², A. MINARDI², L. NASCIMBENE², D. OLDANI², E. PASQUALINI², F. PERAZZOLO², L. PIROVANO², L. POZZI², G. ROCCHETTI², S. ROSSI², L. ROTA², N. RUBAGA², G. RUSSO², J. SALA², S. SEREGNI², F. SESSA², S. SILVESTRI², P. SIMONCELLI², D. SORESI², C. STEMBERGER², P. TAGLIABUE², K. TETTAMANTI², M. VINCI², G. VITTADINI², M. ZANIMACCHIA², O. ZENATO², A. ZETTA², S. BREGAGLIO¹, M. E. CHIODINI¹, A. PEREGO¹ AND M. ACUTIS¹

¹ Department of Plant Production, University of Milan, Via Celoria 2, 20133 Milan, Italy

² Students of the Cropping Systems Ms course, University of Milan, Via Celoria 2, 20133 Milan, Italy

(Revised MS received 5 December 2010; Accepted 7 December 2010; First published online 15 February 2011)

Richiesta di azoto (Ncritico, %)

+

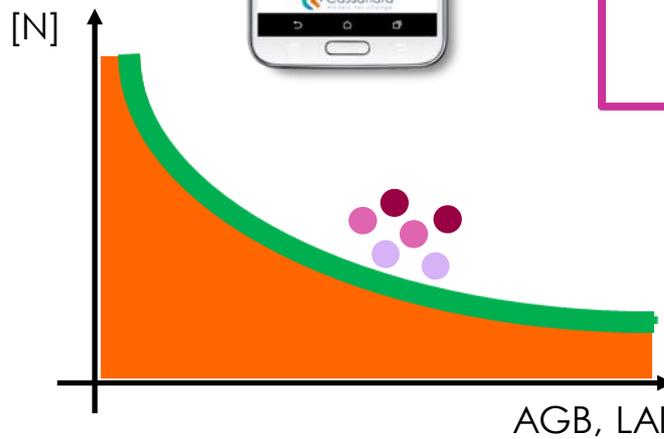
Contenuto effettivo di azoto nella pianta (PNC, %)

=

Supporto alla concimazione azotata

• PocketLAI

• PocketN





Concimazione

Azoto – Fabbisogni

Agronomia

2014 – Selenio, Rosasco: stato nutrizionale all'iniziazione della pannocchia (subito prima della seconda copertura)

trattamento		Pre-sowing (kg N ha ⁻¹)		
		20	40	60
1st top-dressing fert. (kg N ha ⁻¹)	0	3.8	-7.4	-9.5
	20	2.4	17.0	14.4
	40	30.7	30.8	32.0

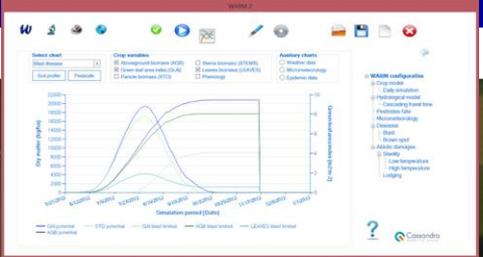
-  Positive values: luxury consumption
-  Negative values: nitrogen stress
-  +/- 5% close to critical PNC values



Concimazione

Azoto – Fabbisogni

Agronomia



Campionamento di LAI e azoto fogliare 'guidato' dalla 1° immagine satellitare



Legenda

- Siti di campionamento
- 1° mappa satellitare
- -50%
- -25%
- -20%
- -10%
- 0
- 10%
- 20%
- 25%
- 50%

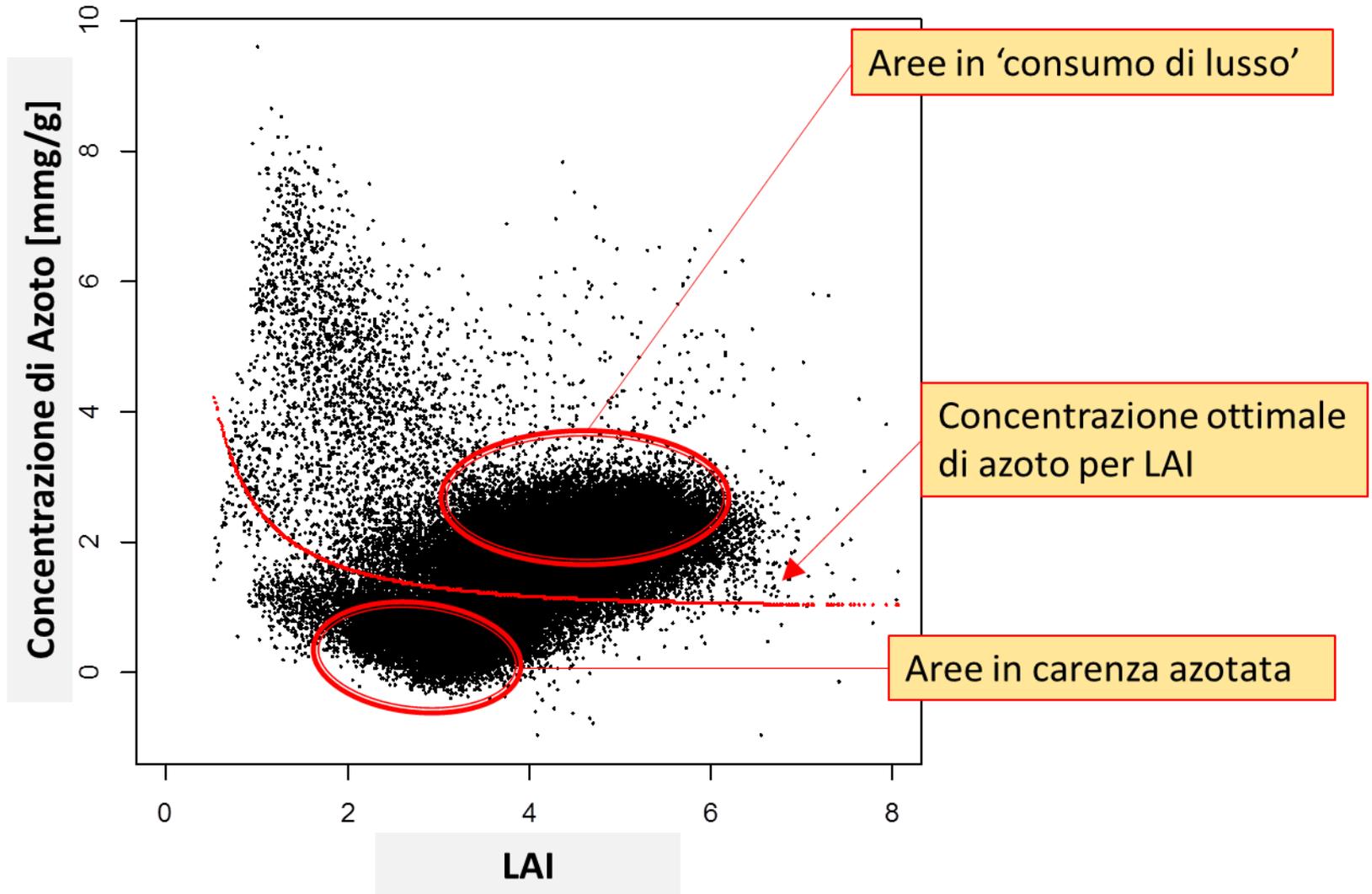




Concimazione

Azoto – Fabbisogni

Agronomia





Concimazione

Azoto – Fabbisogni

Agronomia

Aree a basso N ma non in stress poiché il LAI è alto

Concentrazione di azoto al suo livello ottimale

In questo campo necessaria una fertilizzazione a rateo variabile

Qui necessario intervenire durante la seconda fertilizzazione di copertura

Legenda

Stato azoto fogliare

- Deficit ---
- Deficit --
- Deficit -
- Deficit
- 0
- Consumo di lusso
- Consumo di lusso +
- Consumo di lusso ++
- Consumo di lusso +++





Concimazione

Principi della concimazione azotata

Agronomia

Considerare:

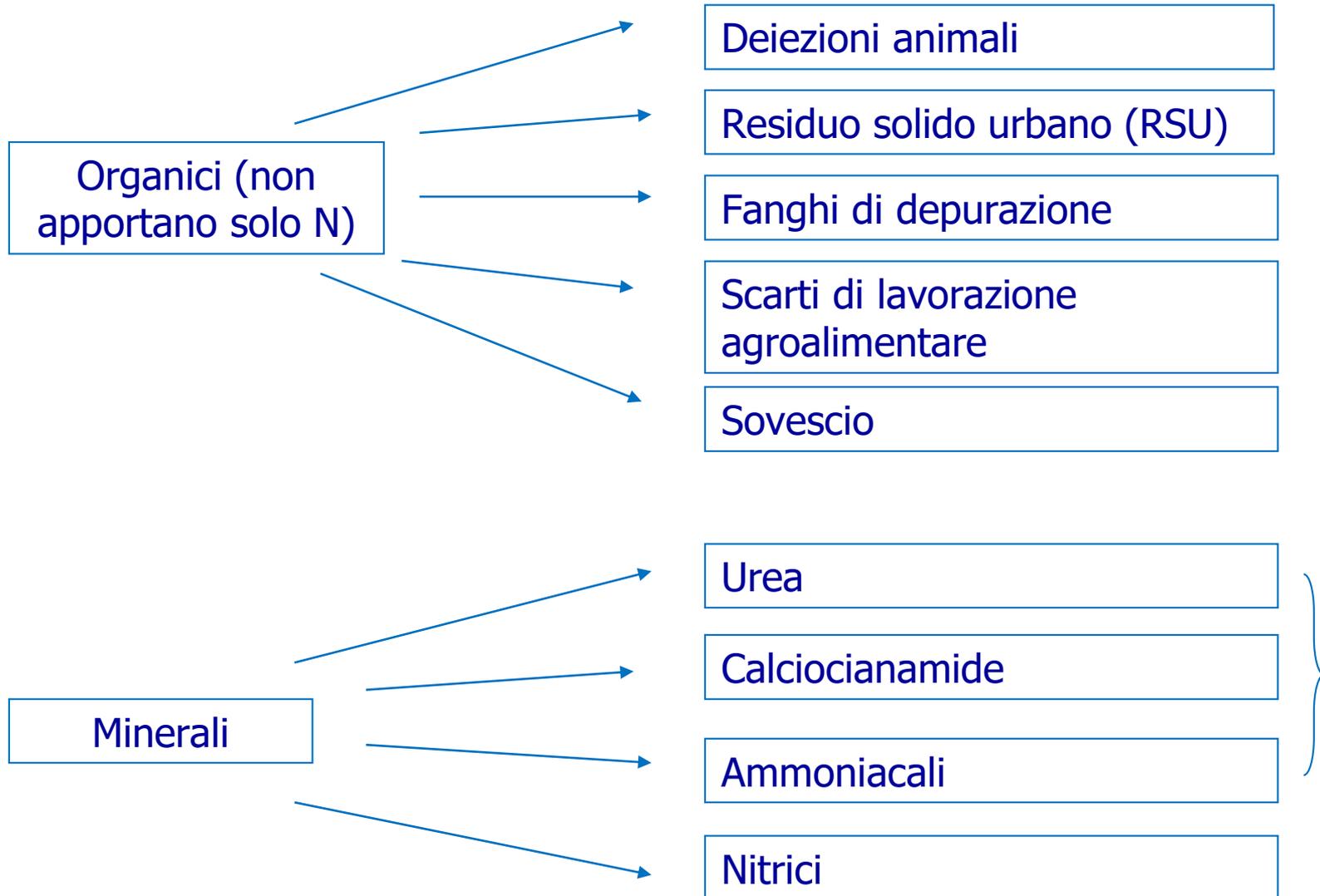
- **l'obiettivo di produzione** e il contenuto in N del prodotto e della biomassa totale
- **l'andamento meteorico** nel periodo precedente: in caso di **relativa siccità** si può presumere **disponibilità di N minerale**, in caso di **piogge dilavanti**, **aumentare la concimazione**
- **precedente colturale**: **bassi apporti se leguminosa**, **intermedi se la coltura precedente è stata letamata**, **alti in monocoltura**
- **urgenza dei fabbisogni** da soddisfare: **se elevata, nitrati** (ma le diverse forme di N minerale appaiono sostanzialmente equivalenti)
- **costo del concime**
- **epoca d'impiego**: concimare **il più possibile in prossimità della richiesta**. N non assorbito costa e inquina; **es. frumento**: nulla o pochissimo alla semina, tutto in primavera; **mais**: 1/2 alla semina, 1/2 in copertura
- **Irrigazione e caratteristiche del suolo**



Concimazione

Concimi azotati

Agronomia





Concimazione

Concimi azotati

Agronomia

- **Urea**: al **46% di N granulare**. Per **idrolisi** diventa **NH₃** (rapidamente)

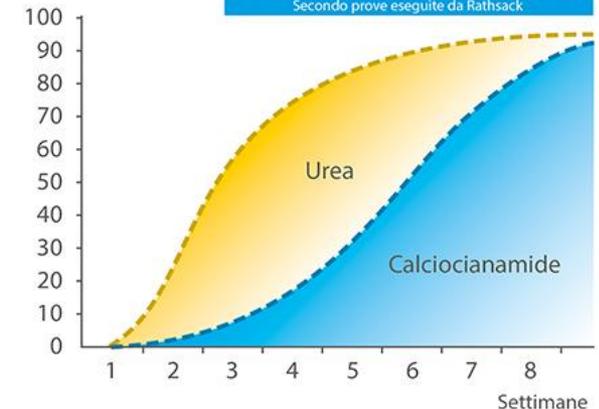
- Pregi:
- ✓ unità di N meno costosa
 - ✓ titolo alto
 - ✓ ben conservabile
 - ✓ anche in soluzione (assorbimento fogliare)

- Difetti:
- ✓ possibili perdite per **volatilizzazione** in terreni alcalini
 - ✓ finché non è idrolizzata **facilmente lisciviabile**



% di azoto nitrico in relazione all'azoto totale distribuito

Evoluzione dell'azoto nitrico nel terreno dopo la distribuzione della calciocianamide e di urea
Secondo prove eseguite da Rathsack





Concimazione

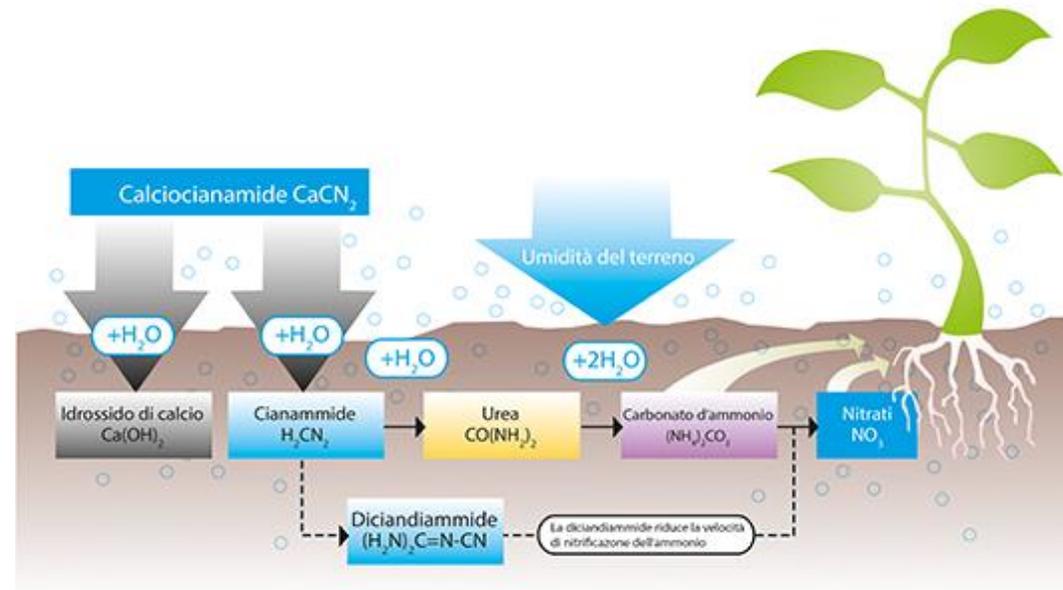
Concimi azotati

Agronomia

- **Calcio cianamide: 20-21% di N.** Colore nero (30% di **carbone**). Anche 30% **calce** viva. Trasformato in **urea**, poi in **ammoniaca**

- Pregi: ✓ azoto reso disponibile gradualmente (la diciandiamide che si forma insieme all'urea rallenta la nitrificazione dell'ammonio)
- ✓ correttivo nei terreni acidi
 - ✓ azione contro insetti, nematodi, crucifere infestanti

- Difetti: ✓ prezzo
- ✓ difficile conservazione, forma blocchi (materiale igroscopico)





Concimazione

Concimi azotati

Agronomia

- **Concimi ammoniacali:**
 - **Solfato ammonico: 20-21% di N, granulare**
 - Pregi: ✓ fonte di zolfo
 - Difetti: ✓ più caro dell'urea
 - ✓ solfato è **acidificante** (no in terreni acidi)
- **Concimi nitrici: solubilissimi e rapidamente assorbiti**
 - **Nitrato di Na (o del Cile): 16% N (e 25% Na).** Contiene **anche microelementi. No in suoli argillosi, Na⁺ deflocculante**
 - **Nitrato di Ca: 15.5% N (e 25% CaO).** Fortemente igroscopico, **costoso**



Concimazione

Concimi azotati

Agronomia

- **Concimi nitro-ammoniacali:** N in parte nitrico e in parte ammoniacale
 - **Mediano pregi e difetti** dei nitrici e degli ammoniacali
 - N nitrico (NO_3^-): prontamente disponibile ma soggetto a dilavamento
 - N ammoniacale (NH_4^+): trattenuto dalla capacità di scambio (CSC) del terreno ma richiede nitrificazione per essere assorbito dalle piante
 - **Nitrato di ammonio: 26% N, costa poco,** va bene **in tutti i terreni.** Molto igroscopico (->deliquescente se esposto all'umidità). Va stoccato con attenzione.