



MINIMA LAVORAZIONE E SEMINA SU SODO DEL MAIS: RISULTATI AGRONOMICI E MESSA A PUNTO DI UN METODO PER VALUTARE LA QUALITÀ COMPLESSIVA DEI DUE SISTEMI

Relatore:

Prof. Marco Acutis

Correlatore:

Dott. Roberto Confalonieri

Marco Carozzi

Matricola n. 634036

Correlatore:

Prof. Tommaso Maria Maggiore

Agricoltura sostenibile:

«Sviluppo sostenibile: sviluppo che garantisce i bisogni delle generazioni attuali senza compromettere la possibilità che le generazioni future riescano a soddisfare i propri» (*World Commission on Environment and Development, 1987*)

Una Agricoltura sostenibile deve:

- Dare risultati economici vantaggiosi
- Conservare le risorse  **SUOLO** - produzione biomassa
 - essenziale per i cicli ecologici
 - filtro naturale per le acque
 - base infrastrutture
 - ricettacolo rifiuti
 - ...
- Non deteriorare l'ambiente rurale

..SUOLO

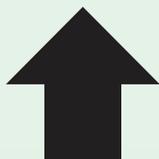
- risorsa insostituibile
- non rinnovabile

DEGRADAZIONE

Qualità del Suolo

- Fattori: -Fisici
- Chimici
- Biologici
- Tecniche Agronomiche

CONDIZIONE IDEALE PER I
DIVERSI TIPI DI GESTIONE



Tecniche di lavorazione

- Le lavorazioni del terreno costituiscono uno degli strumenti maggiormente in grado di influenzare la sostenibilità dei sistemi colturali data la loro notevole incidenza sulla conservazione della fertilità “agronomica” del suolo e sulla produttività delle colture

Tecniche di lavorazione

ARATURA



• **Favorisce:** - l'infiltrazione dell'acqua

- massa di terreno esplorabile dalle radici
- interrimento dei fertilizzanti
- controllo meccanico delle infestanti
- riduzione del livello di compattamento

• **Comporta:** - diminuzione della stabilità della struttura (nel tempo)



- incremento della mineralizzazione
- diminuzione della sostanza organica
- aumento delle emissioni dei gas serra (CO₂)
- eventuali compattamenti per il traffico

MINIME LAVORAZIONI

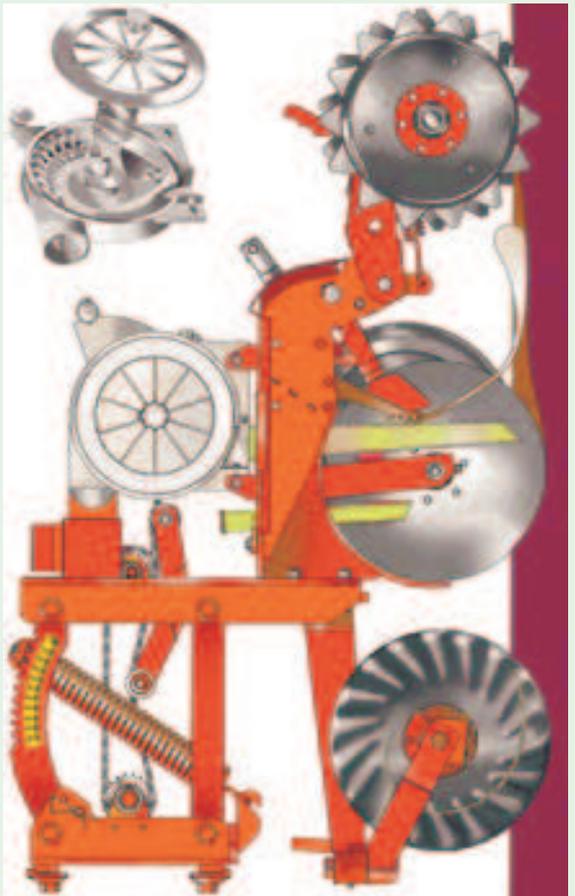
- Sminuzzamento dello strato superficiale: erpicoltura 10-15 cm
- Bassa richiesta energetica
- Assenza compattamenti



SEMINA SU SODO

- Semina su terreno non lavorato
- Minima richiesta energetica
- Assenza compattamenti
- Richiesta trinciatura degli stocchi





Ambiente:



- Controllo fenomeni erosivi
- Controllo inquinamento da nitrati
- Riduzione delle emissioni

Suolo:



- Conservazione della S.O.
- Aumento della stabilità di struttura
- Aumento capacità di ritenzione idrica

Economia:



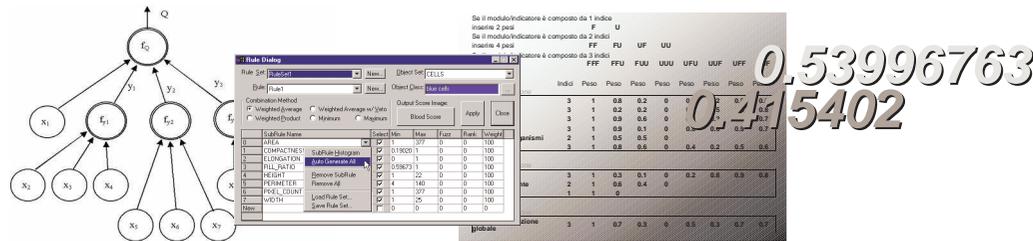
- Diminuzione del consumo di combustibile
- Contenimento dei tempi di lavoro
- Riduzione dei costi colturali
- Riduzione dei livelli produttivi

OBIETTIVI:

- Valutazione agronomica di due sistemi: semina su sodo e minima lavorazione.



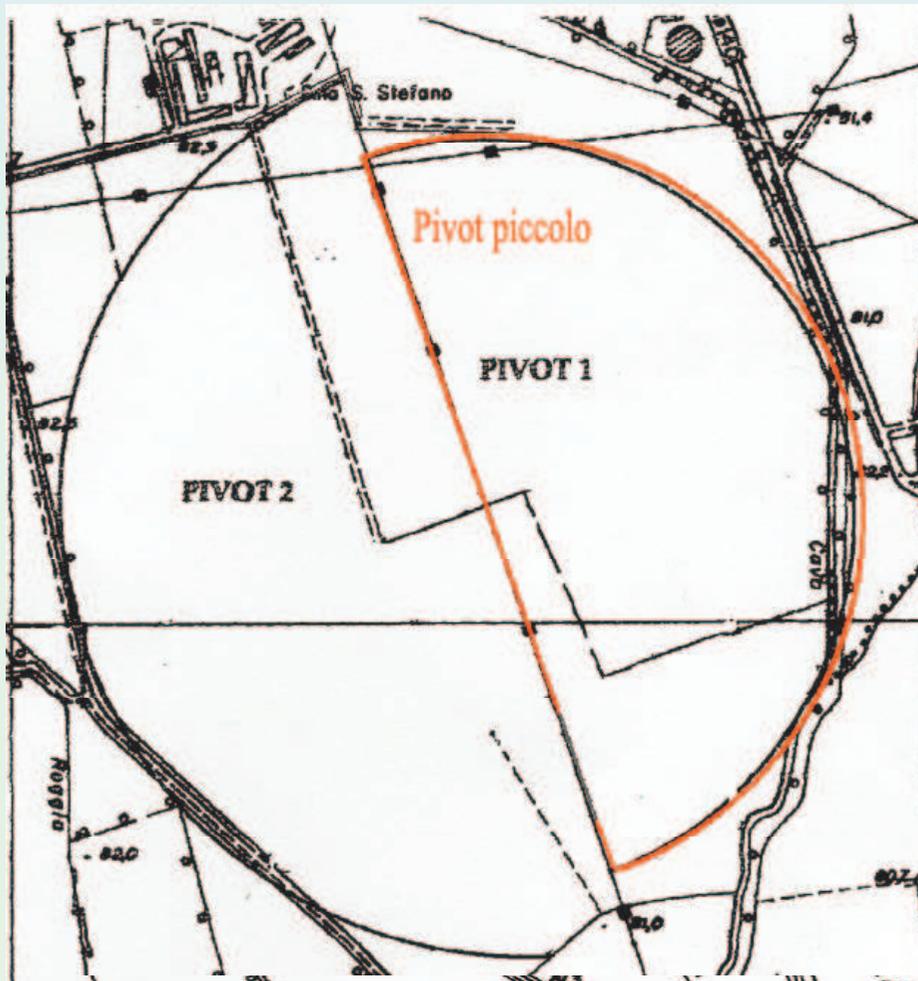
- Messa a punto di un metodo integrato di valutazione della qualità globale di sistemi maidicoli.



- Applicazione del metodo sui due casi di studio

La Prova:

Pivot piccolo



Dimensione: **24 ha**

Lavorazione: **Minima lavorazione**

Coltura: **Mais da granella**

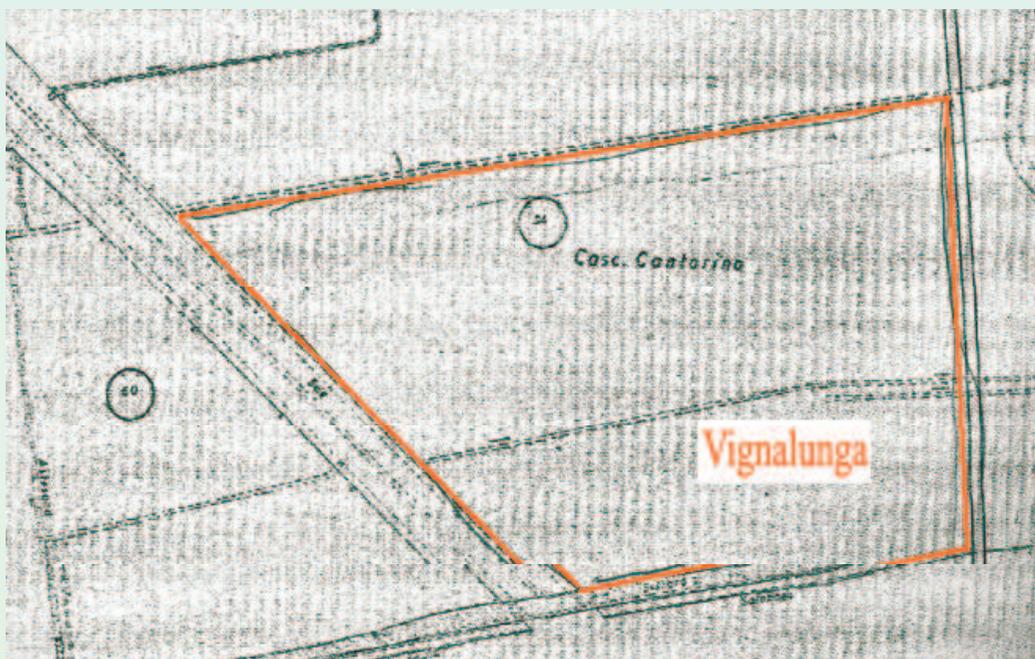
Pioneer PR32F10

- FAO 600 (132 giorni)
- Duplice attitudine
- 6.5÷7 piante m²
- “fioritura anticipata”

Irrigazione: **Center Pivot**

La Prova:

Vignalunga



Dimensione: **5.5 ha**

Lavorazione: **Semina diretta**

Coltura: **Mais da granella**

Pioneer N43

Monsanto DKC 6309

- FAO 500 (128 giorni)
- triplice attitudine
- 7÷7.5 piante m⁻²
- “notevole en. germinativa”

Irrigazione: **Scorrimento**

- Minimum Tillage
(*Pivot Piccolo*)

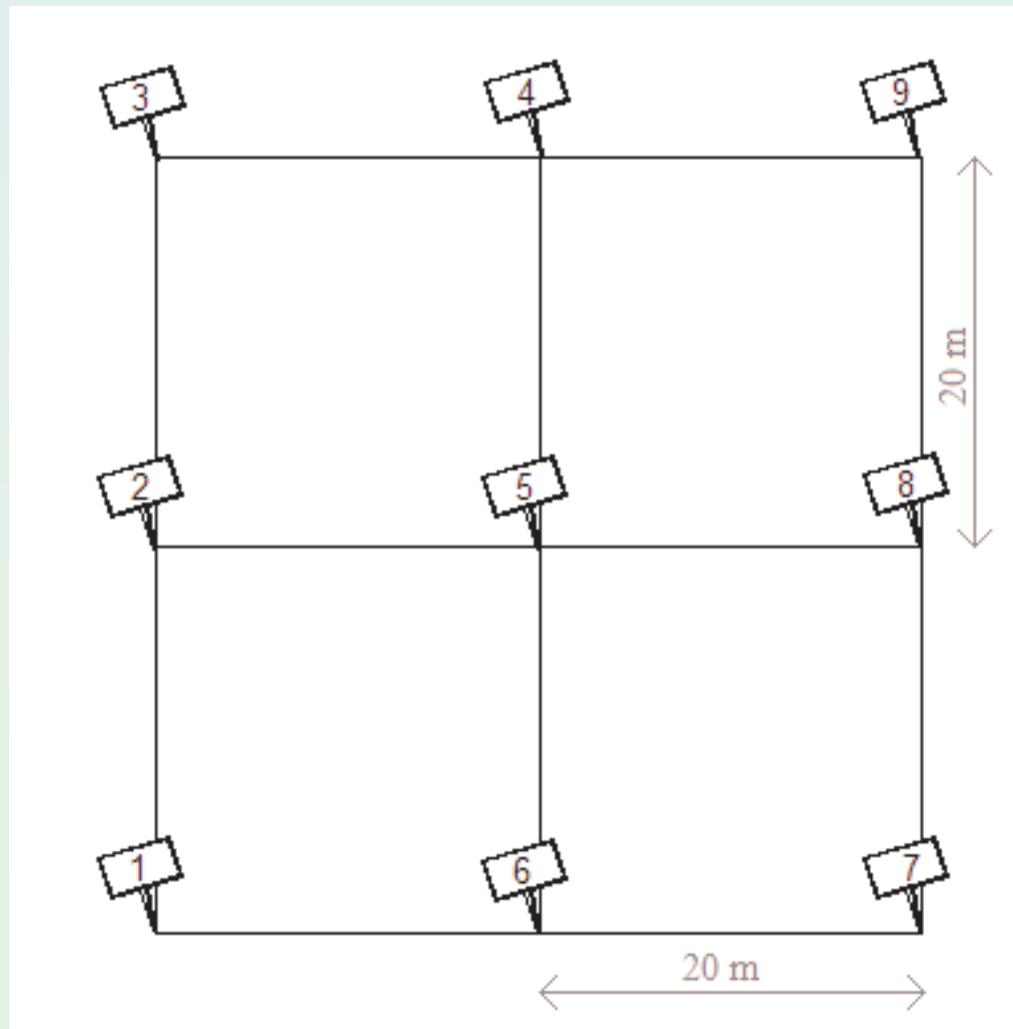
| Operazione colturale | Data | Note |
|--------------------------|-----------|--|
| Concimazione con fanghi | 5/4/2004 | Iniettati, composizione 220 Kg ha ⁻¹ N e 90 Kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅ |
| Concimazione potassica | 5/4/2004 | 186 kg K ₂ O, Potassa 300 Kg ha ⁻¹ |
| Erpicatura | 6/4/2004 | 15 cm profondità |
| Semina | 6/4/2004 | Pioneer PR32F10, 7 piante m ⁻¹ a 4.5 cm di profondità |
| Concimazione fosfatica | 6/4/2004 | 69 kg P ₂ O ₅ (+ 27 kg N), Fosfato biammonico 18:46 150 Kg ha ⁻¹ |
| Geodisinfestazione | 6/4/2004 | Benfurcarb (Oncol 5G) 12 Kg ha ⁻¹ |
| Diserbo di pre-emergenza | 8/4/2004 | Metolacoloro (Erbifos) 1,2 l ha ⁻¹ Isoxaflutol (Merlin) 70 g ha ⁻¹ Trebutilazina (Valiant) 1 l ha ⁻¹ Roundap Max (Glifosate) 1.5 Kg ha ⁻¹ |
| Raccolta | 22/9/2004 | U=29% 8.8 t ha ⁻¹ |

- Sod Seeding (*Vignalunga*)

| Operazione colturale | Data | Note |
|---------------------------|---------------|--|
| Trinciatura degli stocchi | Novembre 2003 | |
| Semina | 14/4/2004 | Monsanto DKC 6309 Pioneer N43, 7.5 piante m ⁻¹ a 4 cm di profondità |
| Concimazione fosfatica | 14/4/2004 | 69 kg P ₂ O ₅ (+ 27 kg N), Fosfato biammonico 18:46 150 Kg ha ⁻¹ |
| Concimazione azotata | 14/4/2004 | 180 kg N, Urea 390 Kg ha ⁻¹ |
| Concimazione potassica | 14/4/2004 | 186 kg K ₂ O, Potassa 300 Kg ha ⁻¹ |
| Geodisinfestazione | 14/4/2004 | Benfurcarb (Oncol 5G) 12 Kg ha ⁻¹ |
| Diserbo pre-emergenza | 22/4/2004 | Metolacoloro (Erbifos) 1,2 l ha ⁻¹ Isoxaflutol (Merlin) 70 g ha ⁻¹ Trebutilazina (Valiant) 1 l ha ⁻¹ Roundap Max (Glifosate) 1.6 Kg ha ⁻¹ |
| Diserbo post-emergenza | 17/5/2004 | Nicosulfuron (Ghibli) 1.25 l ha ⁻¹ Dicamba (Mondak 21S) 0.5 l ha ⁻¹ Mesotrione (Callisto) 0.2 l ha ⁻¹ |
| Raccolta | 21/9/2004 | U=25% 10.4 t ha ⁻¹ |

La Prova:

Griglia per analisi in campo



Analisi:

SUOLO

FISICHE

- Contenuto idrico
- Compattamento
- Coesività
- Densità apparente
- Stabilità strutturale
- Tessitura

CHIMICHE

- Azoto nitrico
- Azoto ammoniacale
- Azoto totale
- S.O.
- pH

BIOLOGICHE

- OD₁₂
- OD₂₀

Analisi:

PIANTA

- Profondità radicale
- Lunghezza radicale
- Profondità di semina
- Distanza di semina
- Indice di area fogliare (LAI)
- Produzione in granella
- Biomassa totale
- Infestanti e parassiti

RISULTATI AGRONOMICI

SUOLO

Tessitura

| Tesi | Profondità | Elemento | Media % | USDA |
|------------------------|------------|----------|---------|------------------|
| Minimum tillage | 0-30 cm | Argilla | 17.643 | loam |
| | | Limo | 34.332 | |
| | | Sabbia | 44.717 | |
| Sod seeding | 0-30 cm | Argilla | 20.269 | silt loam |
| | | Limo | 50.967 | |
| | | Sabbia | 28.765 | |

Sostanza organica e rapporto C/N

| Tesi | S.O. | dev.std. | C/N | dev.std. |
|------------------------|--------|----------|-----|----------|
| Minimum tillage | 1.61 % | 0.22 | 8.9 | 0.50 |
| Sod seeding | 1.60 % | 0.23 | 8.3 | 0.31 |

RISULTATI AGRONOMICI

SUOLO

Densità apparente

| Tesi | Densità | Dev.Std. |
|-----------------|------------------------|----------|
| Minimum tillage | 1.47 t m ⁻³ | 0.0483 |
| Sod seeding | 1.37 t m ⁻³ | 0.0568 |

Parametri idrologici

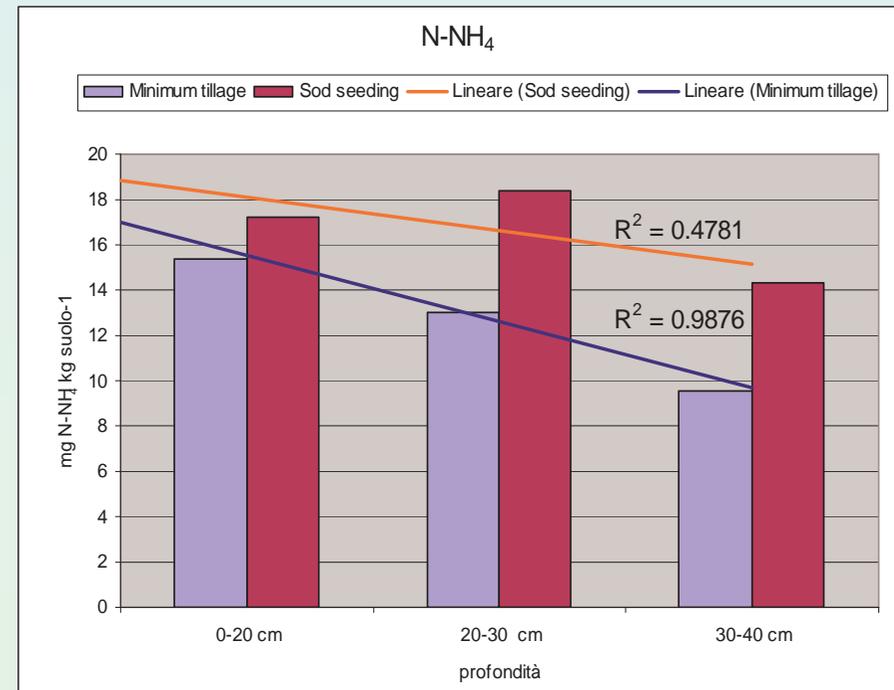
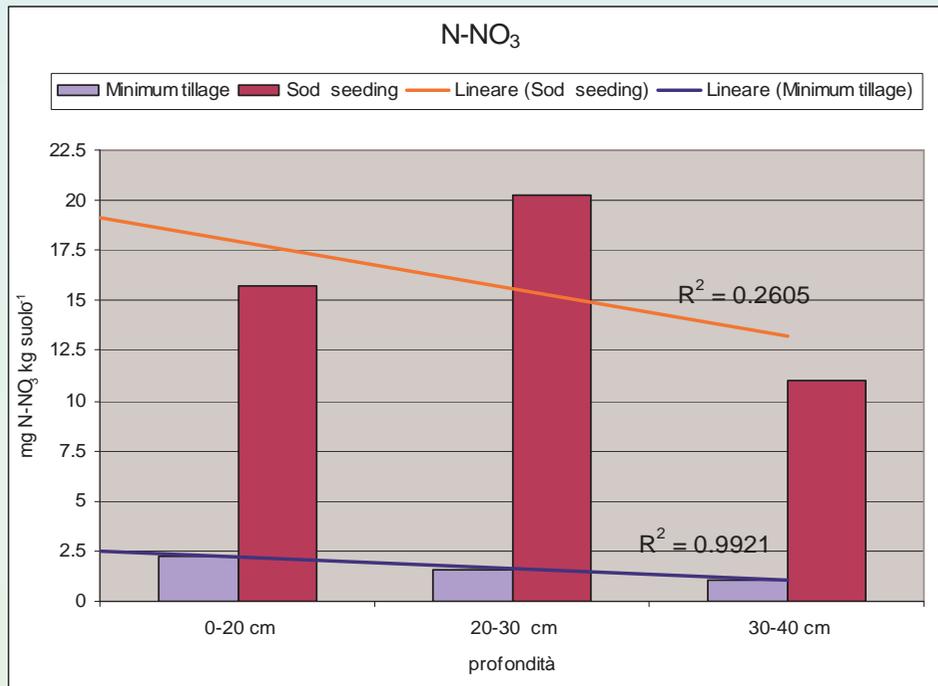
| Tesi | Contenuto idrico (% vol.) | Cc (% vol.) | Pa (% vol.) | AU (% vol.) |
|-----------------|---------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Minimum tillage | 21.5 | 29.4 | 15 | 14.4 |
| Sod seeding | 30.5 | 34 | 17 | 17 |

RISULTATI AGRONOMICI

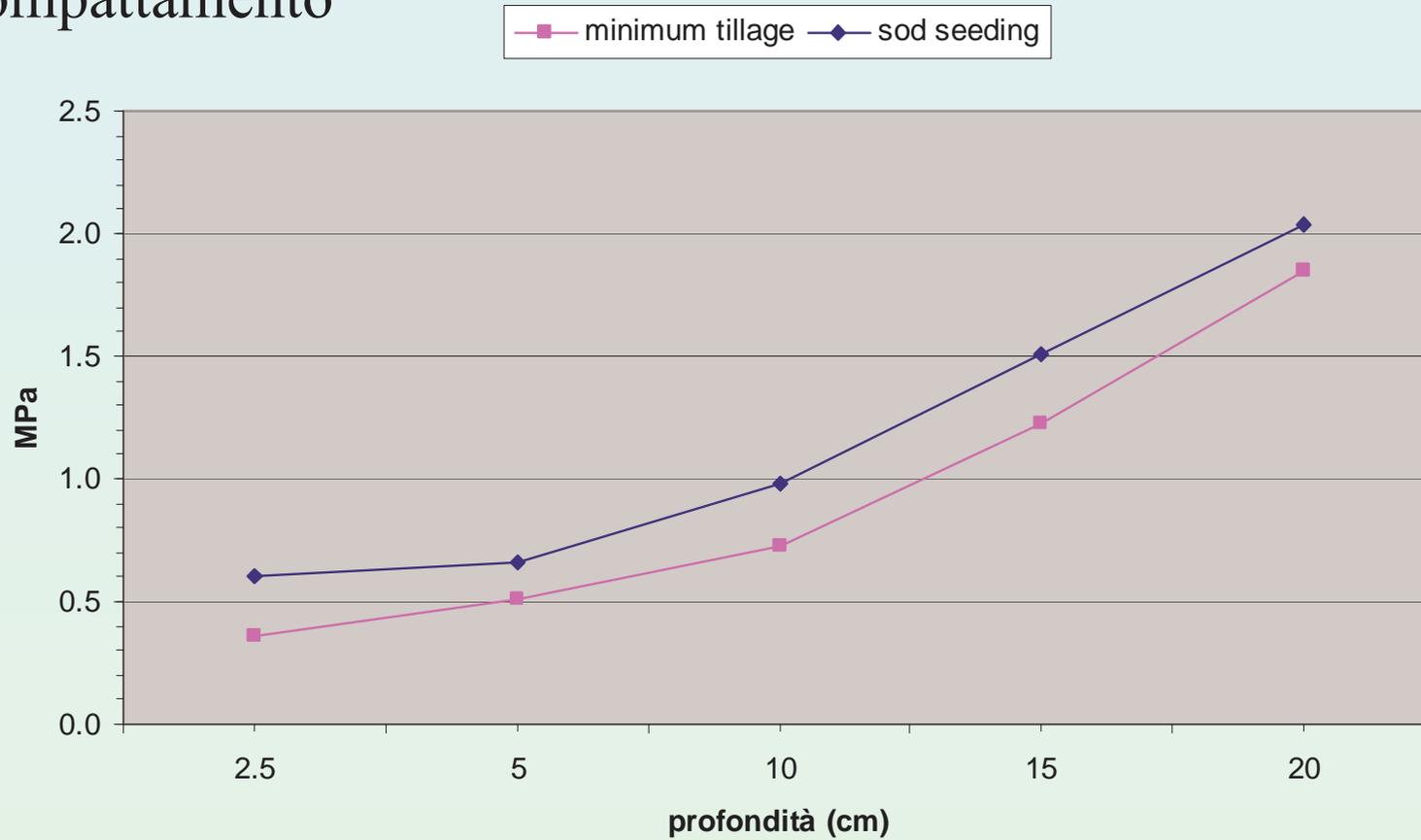
SUOLO

nitrico

ammoniacale



Compattamento



Coesion

Tenacia (o coesione)

| Tesi | J (kPa) | β |
|------------------------|---------|-------------|
| Minimum tillage | 12.28 | 2.30777E-05 |
| Sod seeding | 15.49 | 1.50368E-06 |

Coefficiente di distacco tra le particelle del suolo, calcolato in base alla coesività (J):

$$\beta = 0.79 \times e^{-0.85J}$$

(poco erodibile) $0 < \beta > 1$ (erodibile)

Stabilità di struttura

| Tesi | ISS | Dev.Std. |
|-----------------|-------|----------|
| Minimum tillage | 49.4% | 0.0658 |
| Sod seeding | 39.3% | 0.0358 |

| Stabilità | % |
|-----------|-------|
| Scarsa | 0-40 |
| Media | 40-65 |
| Buona | >65 |

(Corsini, 2005)

Prova respirometrica (*Specific Oxygen Uptake Rate*)

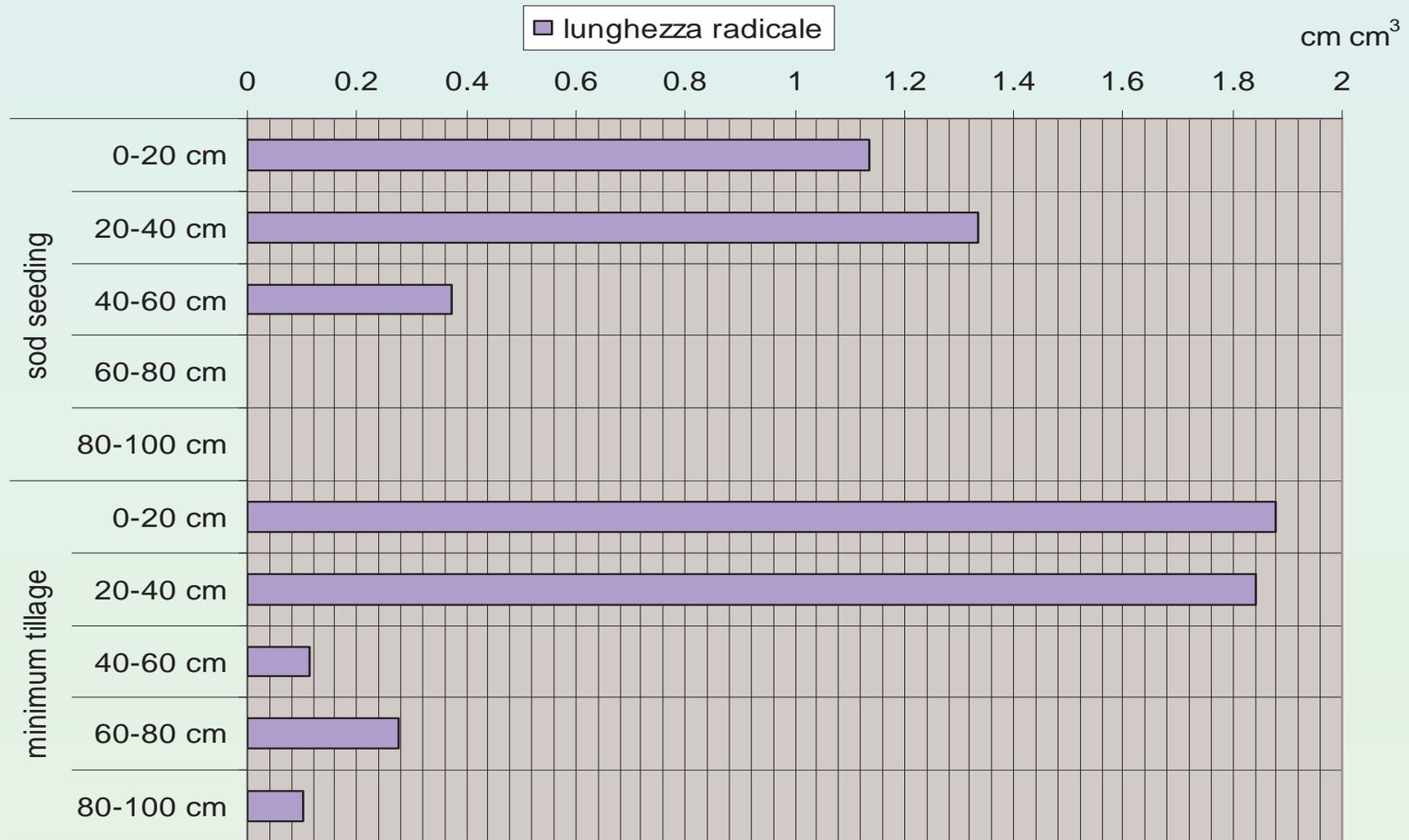
| | Minimum tillage | | Sod seeding | |
|--|-----------------|----------|--------------|----------|
| | media | Dev.Std. | media | Dev.Std. |
| OD₁₂ (mgO ₂ kg Corg ⁻¹ 12 h ⁻¹) | 0.104 | 0.026 | 0.117 | 0.023 |
| OD₂₀ (mgO ₂ kg Corg ⁻¹ 20 h ⁻¹) | 0.142 | 0.03 | 0.179 | 0.021 |

| Soglie Respirometria | Favorevole | Sfavorevole |
|------------------------|------------|-------------|
| OD₁₂ | 0.0925 | 0.0321 |
| OD₂₀ | 0.1169 | 0.0405 |

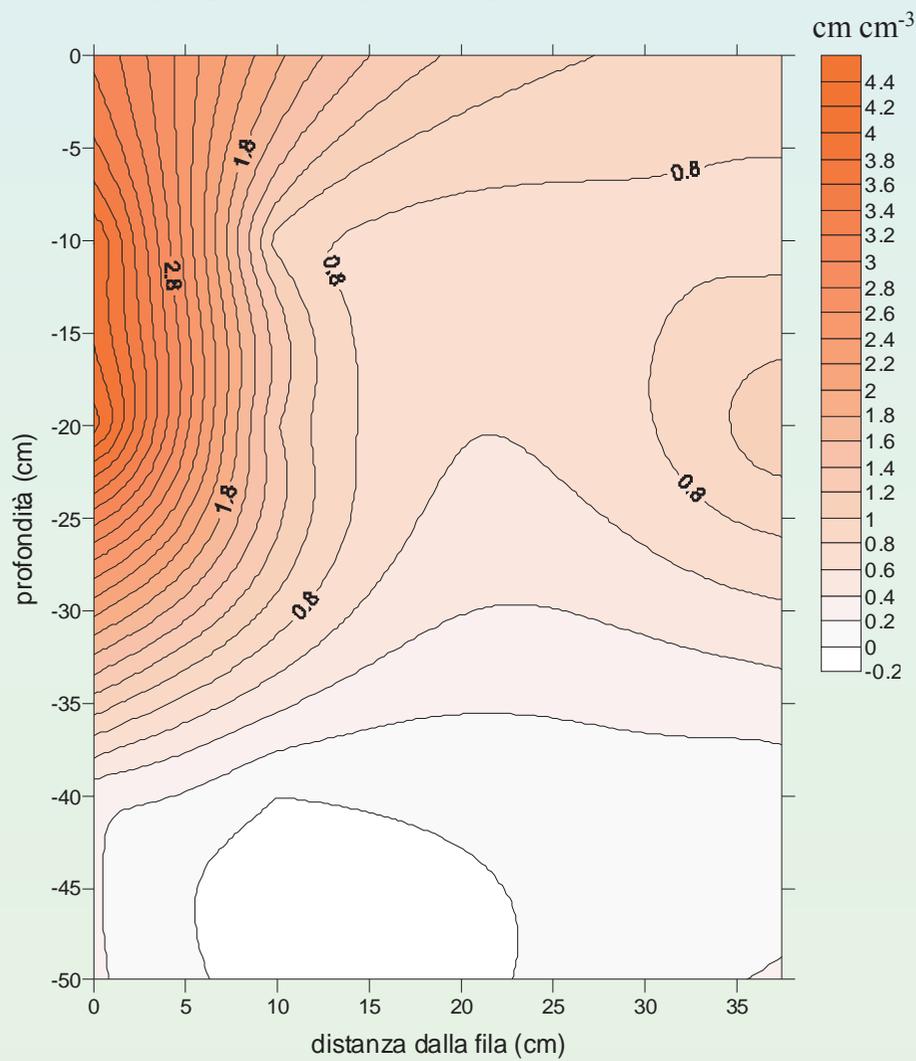
(Scaglia, 2005)

RISULTATI AGRONOMICI

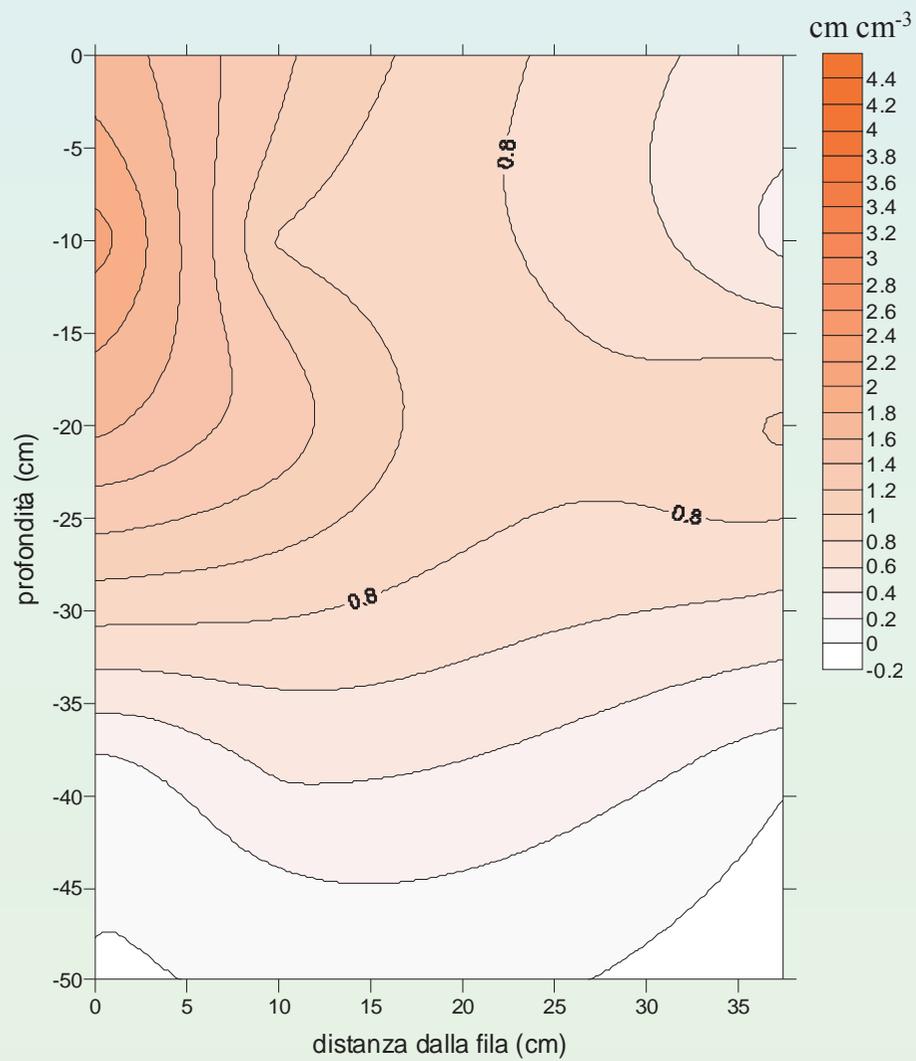
PIANTA



Densità radicale



Minima lavorazione

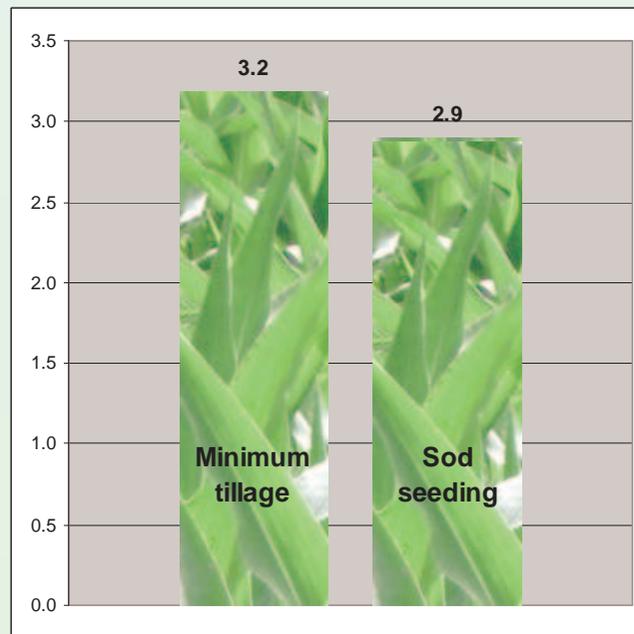


Semina su sodo

Infestanti e parassiti

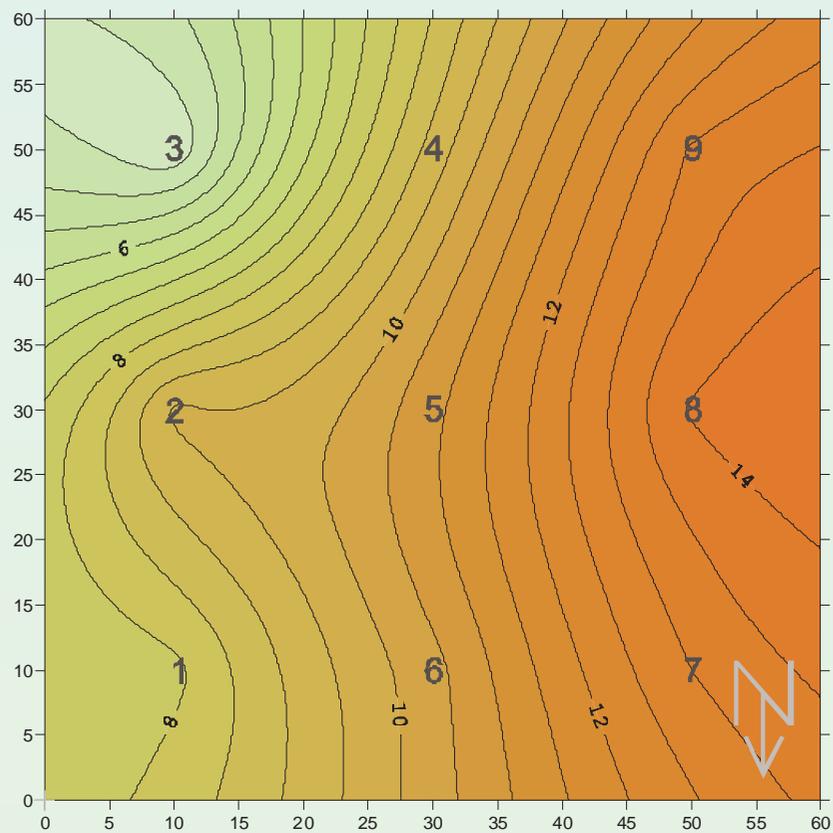
| Tesi | Grado di Infestazione | Attacco Parassiti |
|--------------------|---|--|
| Minima lavorazione |  Alto |  Medio |
| Semina diretta |  Basso |  Medio |

LAI (*Leaf Area Index*)

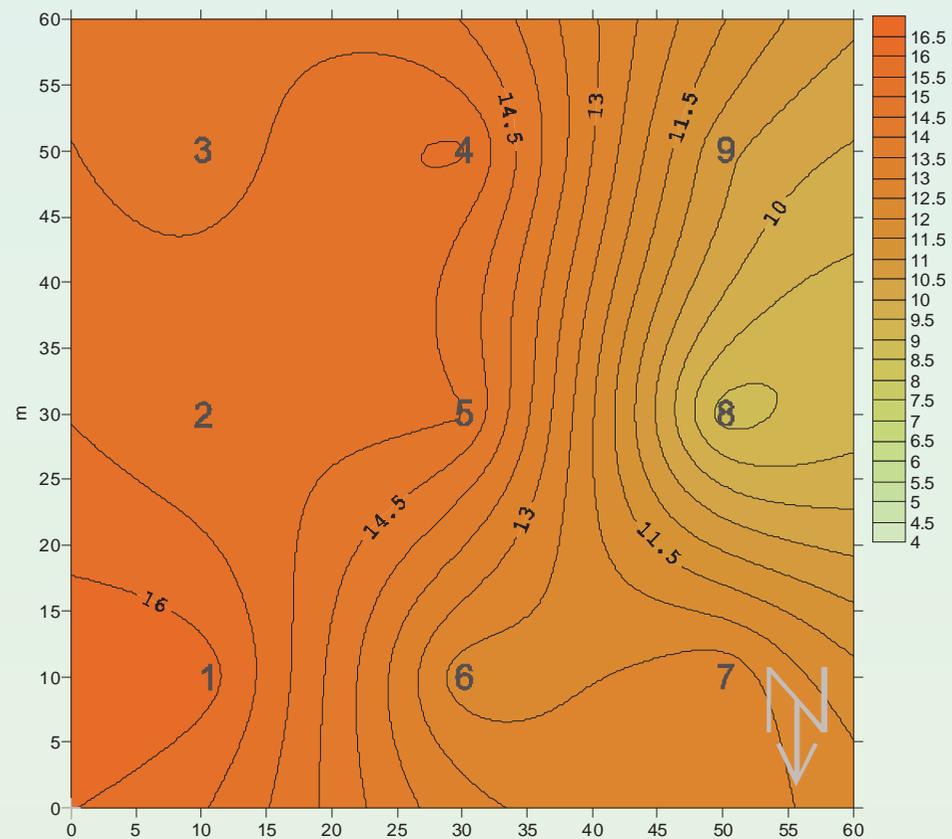


RESA

| Tesi | Granella ($t_{ss} \text{ ha}^{-1}$) campo | Granella ($t_{ss} \text{ ha}^{-1}$) griglia 3x3 | |
|---------------------------|--|--|------------|
| Minima lavorazione | 6.24 | 10.2 | dev.s. 3.1 |
| Semina diretta | 7.8 | 13.4 | dev.s. 2.5 |



Minima lavorazione



Semina su sodo

COSTI

Costi carburante

| Lavorazione | h ha ⁻¹ | Potenza trattore | | Consumi | | | Costo totale |
|-----------------------|--------------------|------------------|--------|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| | | | | medi | | totali | |
| Erpicatura | 1 | 160 cv | 118 kW | 205 g kW ⁻¹ h ⁻¹ | 24190 g ha ⁻¹ | 29.5 l ha ⁻¹ | 12.98 € ha⁻¹ |
| Trinciastocchi | 0.5 | 160 cv | 118 kW | 205 g kW ⁻¹ h ⁻¹ | 12095 g ha ⁻¹ | 14.75 l ha ⁻¹ | 6.5 € ha⁻¹ |
| Botte diserbo | 0.5 | 85 cv | 62 kW | 215 g kW ⁻¹ h ⁻¹ | 6665 g ha ⁻¹ | 8.13 l ha ⁻¹ | 3.5 € ha⁻¹ |
| Semina | 1 | 100 cv | 73 kW | 205 g kW ⁻¹ h ⁻¹ | 14965 g ha ⁻¹ | 18.25 l ha ⁻¹ | 8.03 € ha⁻¹ |
| Raccolta | 0.5 | 120 cv | 88 kW | 206 g kW ⁻¹ h ⁻¹ | 9064 g ha ⁻¹ | 11 l ha ⁻¹ | 4.84 € ha⁻¹ |

Altri costi

| Articolo | Costo totale |
|----------------------------------|------------------------------|
| Trattamento pre-emergenza | 68 € ha⁻¹ |
| Diserbo post-emergenza | 58 € ha⁻¹ |
| Semente | 139 € ha⁻¹ |

| Tesi | Semente | Trattamenti | Carburante | Totale |
|---------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|---------------------------------|
| Minima lavorazione | 139 € ha ⁻¹ | 68 € ha ⁻¹ | 29.50 € ha ⁻¹ | 236.50 € ha⁻¹ |
| Semina su sodo | 139 € ha ⁻¹ | 126 € ha ⁻¹ | 26.50 € ha ⁻¹ | 291.50 € ha⁻¹ |

METODO

INDICE SINTETICO

Un numero preso, per convenzione, nell'intervallo tra 0 e 1, che indichi la bontà complessiva del sistema

1) Selezione INDICATORI: Vengono selezionate tutte le variabili misurate che influiscono su tutto il sistema colturale.

| | | |
|-----------------------|----------------------------|------------------------------|
| Sabbia | Stabilità Strutturale | Concimazione Potassica |
| Limo | n° piante emerse | Concimazione Fosfatica |
| Argilla | Profondità semina | OD12 |
| Densità apparente | Approfondimento radicale | OD20 |
| pH | Biomassa totale | Costi Concimazione Azotata |
| Sostanza organica | Produzione granellare | Costi Concimazione Potassica |
| C/N | L.A.I. max | Costi Concimazione Fosfatica |
| Penetrometria 0-20 cm | Acqua (irrigazione+piogge) | Costo semente |
| Scissometria | Concimazione Azotata | Costo carburante |
| | | Costo diserbo |

2) **QUADRI DI UNIONE:** Ogni indicatore viene inserito all'interno di un quadro di unione, ovvero un'insieme all'interno del quale la variabile che inserisco, influisce positivamente o negativamente ai fini del quadro stesso. Le variabili vengono inserite nei quadri in maniera non esclusiva, cioè possono rientrare in più di un quadro in funzione della propria natura.

I quadri sono stati scelti in base alla loro incidenza sulla sostenibilità del sistema:
Produzione: ragione principale di un sistema produttivo fortemente antropizzato.
Ambientale: mantenere la risorsa suolo per garantire elevate produzioni nel tempo.
Costi: garanzia di ottenere vantaggi economici dal sistema.

PRODUZIONE

| | |
|-----------------------|----------------------------|
| Sabbia | Profondità semina |
| Limo | Approfondimento radicale |
| Argilla | Biomassa totale |
| Densità apparente | Produzione granellare |
| pH | L.A.I. max |
| Sostanza organica | Acqua (irrigazione+piogge) |
| C/N | Concimazione Azotata |
| Penetrometria 0-20 cm | Concimazione Potassica |
| Scissometria | Concimazione Fosfatica |
| Stabilità Strutturale | OD ₁₂ |
| n° piante emerse | OD ₂₀ |

AMBIENTALE

| |
|----------------------------|
| Densità apparente |
| Sostanza organica |
| C/N |
| Stabilità Strutturale |
| Penetrometria 0-20 cm |
| Scissometria |
| Approfondimento radicale |
| Acqua (irrigazione+piogge) |
| Concimazione Azotata |
| Concimazione Potassica |
| Concimazione Fosfatica |
| OD ₁₂ |
| OD ₂₀ |

COSTI

| |
|------------------------|
| Concimazione Azotata |
| Concimazione Potassica |
| Concimazione Fosfatica |
| Costo semente |
| Costo carburante |
| Costo diserbo |

3) Definizione di un MDS:

E' l'insieme delle variabili che più influiscono sul mio sistema.

Questa fase è stata condotta con l'aiuto di esperti di sistemi maidicoli ai quali è stato sottoposto un questionario (*expert opinion*).

Per ogni quadro vengono definite:

a] Le tre variabili che più influiscono, secondo la propria esperienza, al fine definito per il quadro stesso dando loro una priorità esclusiva da 1 a 3 (ordine).

b] Le soglie “favorevole” (F) e “sfavorevole” (U) per ognuna delle variabili selezionate.

-La soglia U rappresenta il valore sotto il quale (o sopra il quale) una variabile assume significato negativo per il sistema.

-La soglia F rappresenta il valore sopra il quale (o sotto il quale) una variabile assume valori giudicati positivi per il sistema.

| quadro di PRODUZIONE | | ORDINE | | [RANGE] | soglia FAVOREVOLE | soglia SFAVOREVOLE |
|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|--|---|--------------------|
| Tessitura | -sabbia | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | * segnare la soglia nel triangolo sulla prima pagina del questionario | |
| | -limo | | | | | |
| | -argilla | | | | | |
| Densità apparente | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 1 - 2 t/m ³ | | |
| pH | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 1 - 13 | | |
| Sostanza organica | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 0 - 100 % | | |
| C/N | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 5 - 50 | | |
| Penetrometria 0-20 cm | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 0 - 50 -MPa | | |
| Scissometria | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 0 - 10 Kg/cm ² | | |
| Stabilità Strutturale | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 10 - 100 % | | |
| n° piante emerse | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 2 - 20 piante/m ² | | |
| Profondità semina | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 0.1 - 20 cm | | |
| Approfondimento radicale | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 0 - 200 cm | | |
| Biomassa totale | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 1 - 100 t/ha | | |
| Resa granellare | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 1 - 20 t/ha | | |
| L.A.I. max | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 1 - 8 | | |
| Acqua (irrigazione+piogge) | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 0 - 10000 m ³ /ha | | |
| Concimazione Azotata | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 0 - 1200 Kg/ha | -organico: | -organico: |
| | | | | | -minerale: | -minerale: |
| Concimazione Potassica | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 0 - 500 Kg/ha | -organico: | -organico: |
| | | | | | -minerale: | -minerale: |
| Concimazione Fosfatica | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 0 - 500 Kg/ha | -organico: | -organico: |
| | | | | | -minerale: | -minerale: |
| Attività microrganismi | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | mg O ₂ g Corg ⁻¹ 12 h ⁻¹ / 24 h ⁻¹ | | |

| quadro di QUALITA' AMBIENTALE | | ORDINE | | [RANGE] | soglia FAVOREVOLE | soglia SFAVOREVOLE |
|--------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|--|-------------------|--------------------|
| Densità apparente | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 0.1 - 2 t/m ³ | | |
| Sostanza organica | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 0 - 100 % | | |
| C/N | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 1 - 50 | | |
| Stabilità Strutturale | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 10 - 100 % | | |
| Penetrometria 0-20 cm | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 0 - 50 -MPa | | |
| Scissometria | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 0 - 10 Kg/cm ² | | |
| Approfondimento radicale | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 0 - 200 cm | | |
| Acqua (irrigazione+piogge) | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 0 - 10000 m ³ /ha | | |
| Concimazione Azotata | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 0 - 1200 Kg/ha | | |
| Concimazione Potassica | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 0 - 500 Kg/ha | | |
| Concimazione Fosfatica | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 0 - 500 Kg/ha | | |
| Attività microrganismi | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | mg O ₂ g Corg ⁻¹ 12 h ⁻¹ / 24 h ⁻¹ | | |

| quadro ECONOMICO | | ORDINE | | [RANGE] | soglia FAVOREVOLE | soglia SFAVOREVOLE |
|-------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------|-------------------|--------------------|
| Concimazione Azotata | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 1 - 1000 €/ha | | |
| Concimazione Potassica | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 1 - 1000 €/ha | | |
| Concimazione Fosfatica | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 1 - 1000 €/ha | | |
| Costo seme | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 1 - 1000 €/ha | | |
| Costo carburante | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 1 - 1000 €/ha | | |
| Costo diserbo | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 1 - 1000 €/ha | | |
| Costo antiparassitari | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 1 - 1000 €/ha | | |

..Risultato della definizione delle variabili maggiormente influenti per ogni quadro di unione, tramite la expert opinion:

PRODUZIONE

| | |
|-----------------------|----------------------------|
| Sabbia | Profondità semina |
| Limo | Approfondimento radicale |
| Argilla | Biomassa totale |
| Densità apparente | Produzione granellare |
| pH | L.A.I. max |
| Sostanza organica | Acqua (irrigazione+piogge) |
| C/N | Concimazione Azotata |
| Penetrometria 0-20 cm | Concimazione Potassica |
| Scissometria | Concimazione Fosfatica |
| Stabilità Strutturale | OD ₁₂ |
| n° piante emerse | OD ₂₀ |

AMBIENTALE

| |
|----------------------------|
| Densità apparente |
| Sostanza organica |
| C/N |
| Stabilità Strutturale |
| Penetrometria 0-20 cm |
| Scissometria |
| Approfondimento radicale |
| Acqua (irrigazione+piogge) |
| Concimazione Azotata |
| Concimazione Potassica |
| Concimazione Fosfatica |
| OD ₁₂ |
| OD ₂₀ |

COSTI

| |
|------------------------|
| Concimazione Azotata |
| Concimazione Potassica |
| Concimazione Fosfatica |
| Costo semente |
| Costo carburante |
| Costo diserbo |

Una volta ottenuti i risultati dai questionari, ovvero gli ordini di importanza degli indicatori per ogni quadro ed i valori di U e F, si è passati alla definizione del *Minimum Data Set (MDS)* scegliendo, tra tutte le variabili all'interno di un modulo, quelle che avevano ottenuto il maggior numero di preferenze. I valori di U e F, per le variabili appartenenti al minimum data set, sono ottenute dalla media di tutti i valori forniti dagli esperti.

Il MDS diviene fondamentale per ridurre il numero di variabili considerate, mantenendo quelle che influiscono in maniera determinante sul sistema.

MDS (minimum data set)

| Indicatori | Unità di misura | MINIMA LAVORAZIONE | SEMINA DIRETTA | F | U |
|----------------------------|---|-------------------------------|---------------------------|---------------|---------------|
| Argilla | % | 17.6 | 20.3 | 10 | 70 |
| Sabbia | % | 44.7 | 28.7 | 0 | 80 |
| Limo | % | 34.3 | 50.9 | 60 | 0 |
| Azoto minerale | kg ha ⁻¹ | 247 | 180 | 350 | 50 |
| Densità apparente | t m ⁻³ | 1.47 | 1.37 | 1.1 | 1.5 |
| Acqua | m ³ ha ⁻¹ | 5880 | 7500 | 6000 | 3500 |
| Biomassa totale | t ha ⁻¹ | 19.9 | 23.5 | 30 | 15 |
| Produzione granella | t ha ⁻¹ | 7.25 | 9.07 | 16 | 8 |
| Profondità radicale | m | 100 | 60 | 100 | 20 |
| Acqua | m ³ ha ⁻¹ | 5880 | 7500 | 4000 | 7500 |
| Sostanza organica | % | 1.61 | 1.6 | 4 | 1 |
| Stabilità struttura | % | 49.4 | 39.3 | 90 | 40 |
| OD₁₂ | mgO ₂ kg Corg ⁻¹ 12 h ⁻¹ | 0.104 | 0.117 | 0.0925 | 0.0321 |
| OD₂₀ | mgO ₂ kg Corg ⁻¹ 20 h ⁻¹ | 0.142 | 0.179 | 0.117 | 0.04 |
| Costo diserbo | € ha ⁻¹ | 68 | 126 | 100 | 135 |
| Costo semente | € ha ⁻¹ | 139 | 139 | 100 | 135 |
| Costo carburante | € ha ⁻¹ | 29.5 | 23 | 20 | 120 |

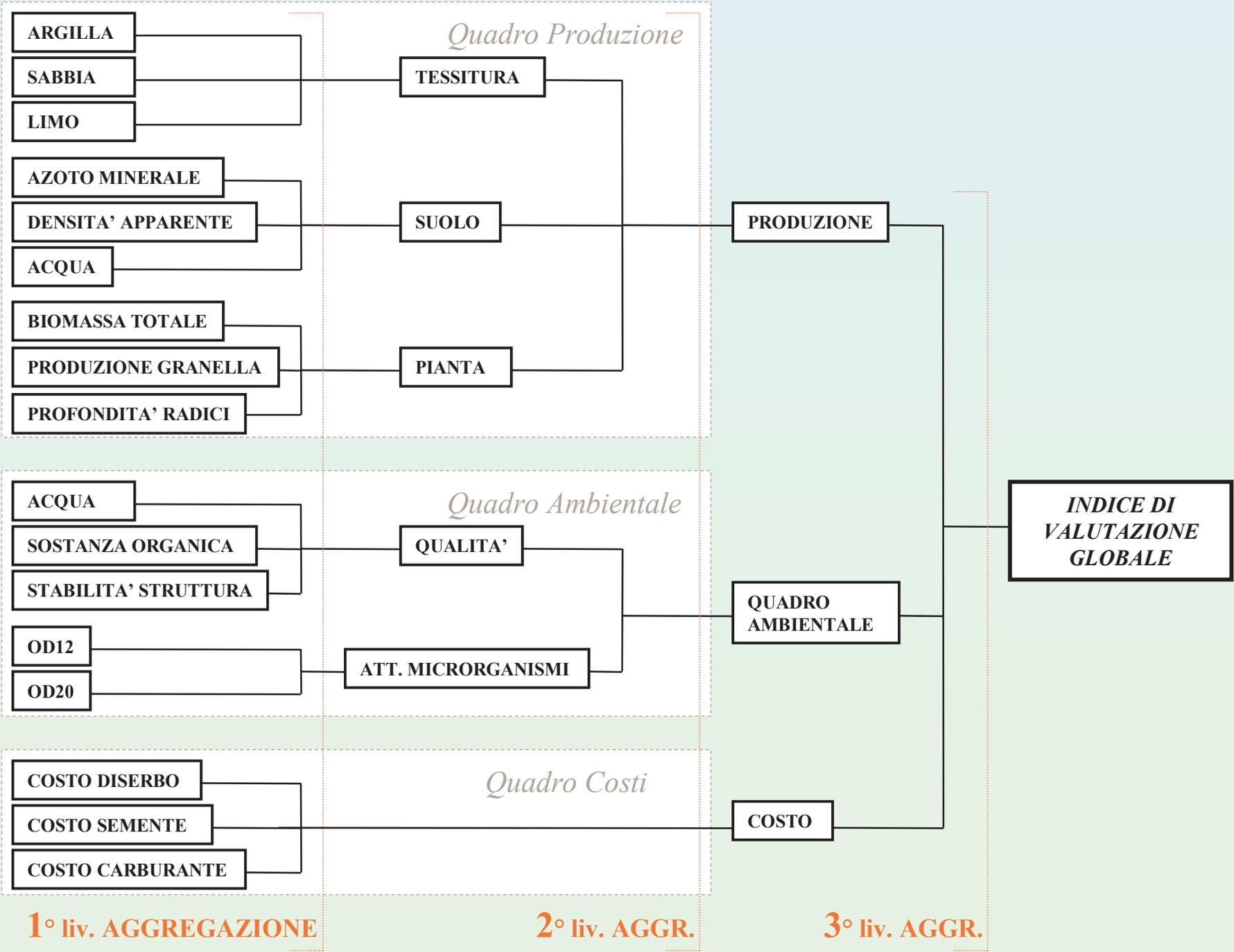
4) AGGREGAZIONE INDICATORI

-Metodologia applicata al fine di ottenere l'indice di valutazione globale del sistema culturale, permette una sintesi dell'informazione.

-Nella gran parte dei metodi di aggregazione esistenti, il peso assegnato ai vari indicatori contiene un grado di soggettività che spesso rende il processo assai poco riproducibile e standardizzato (*Bellocchi et al., 2002*). Ogni individuo infatti, all'atto di valutare le importanze relative dei vari indicatori, risulta influenzato dalle proprie conoscenze e attitudini (*Dubois e Prade, 1980*). Questa soggettività non può venire completamente eliminata ma può essere proficuamente colta e descritta in termini matematici (Jones e Barnes, 2000).

-Considerando l'inadeguatezza di questi metodi, un approccio completamente differente per l'aggregazione di indici può essere realizzato con la messa a punto di un sistema esperto **fuzzy** (*Hall e Kandel, 1991*). Questa tecnica risulta robusta soprattutto in caso di informazioni incerte e/o imprecise, come ad esempio il giudizio degli esperti (expert opinion) e consente l'aggregazione di misure diverse in modo consistente e caratterizzato da elevata riproducibilità (*Bellocchi et al., 2002; Bouchon-Meunier, 1993*).

-Metodicamente, il sistema fuzzy, prevede l'aggregazione a gruppi di due o più indicatori al fine di ottenere un valore numerico che potrà, di seguito, essere utilizzato nuovamente come indicatore, in modo da raggiungere un grado di aggregazione superiore. Ogni livello di aggregazione, dai principali ai secondari e così via, si basa sulla determinazione dei "pesi", ovvero punteggi compresi tra 0 e 1 che vengono assegnati alle possibili combinazioni F/U all'interno di uno stesso gruppo.



| | | | | | | | | | |
|--|----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Se il modulo/indicatore è composto da 1 indice | | | | | | | | | |
| inserire 2 pesi | | F | U | | | | | | |
| Se il modulo/indicatore è composto da 2 indici | | | | | | | | | |
| inserire 4 pesi | | FF | FU | UF | UU | | | | |
| Se il modulo/indicatore è composto da 3 indici | | | | | | | | | |
| inserire 8 pesi | | FFF | FFU | FUU | UUU | UFU | UUF | UFF | FUF |
| Nome | Indici | Peso |
| <i>1°liv. Aggregazione</i> | | | | | | | | | |
| Tessitura | 3 | 1 | 0.8 | 0.2 | 0 | 0.2 | 0.2 | 0.8 | 0.8 |
| Suolo | 3 | 1 | 0.2 | 0.2 | 0 | 0.2 | 0.5 | 0.8 | 0.8 |
| Pianta | 3 | 1 | 0.9 | 0.6 | 0 | 0.8 | 0.2 | 0.8 | 0.7 |
| Qualità | 3 | 1 | 0.9 | 0.1 | 0 | 0.8 | 0.6 | 0.9 | 0.7 |
| Attività Microrganismi | 2 | 1 | 0.5 | 0.5 | 0 | | | | |
| Costo | 3 | 1 | 0.8 | 0.6 | 0 | 0.4 | 0.2 | 0.5 | 0.6 |
| | | | | | | | | | |
| <i>2°liv. Aggregazione</i> | | | | | | | | | |
| Produzione | 3 | 1 | 0.3 | 0.1 | 0 | 0.2 | 0.8 | 0.9 | 0.8 |
| Quadro Ambiente | 2 | 1 | 0.6 | 0.4 | 0 | | | | |
| Costo | 1 | 1 | 0 | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| <i>3°liv. Aggregazione</i> | | | | | | | | | |
| Indice di valutazione globale | 3 | 1 | 0.7 | 0.3 | 0 | 0.5 | 0.3 | 0.7 | 0.7 |

Risultati:

| <i>Quadro PRODUZIONE</i> | Minima lavorazione | Semina su sodo |
|--------------------------|--------------------|----------------|
| Tessitura | 0.69 | 0.81 |
| Suolo | 0.72 | 0.69 |
| Pianta | 0.3 | 0.45 |

•BASSA RESA IN GRANELLA

| <i>Quadro AMBIENTALE</i> | Minima lavorazione | Semina su sodo |
|-------------------------------|--------------------|----------------|
| Qualità | 0.3 | 0.06 |
| Attività Microrganismi | 1 | 1 |

•BASSA SOSTANZA ORGANICA

•STABILITA' DI STRUTTURA VICINA ALLA SOGLIA SFAVOREVOLE

•TROPPI ACQUA IN SEMINA SU SODO

| <i>Quadro COSTI</i> | Minima lavorazione | Semina su sodo |
|---------------------|--------------------|----------------|
| Costi | 0.6 | 0.25 |

•ALTO COSTO DISERBO IN SEMINA SU SODO

•ALTO IL COSTO DELLA SEMENTE

Risultati:

| <i>Secondo livello aggregazione</i> | Minima lavorazione | Semina su sodo |
|---|---------------------------|-----------------------|
| Produzione | 0.45 | 0.53 |
| Quadro Ambientale | 0.49 | 0.40 |
| Costi | 0.60 | 0.25 |



RESA IN GRANELLA

STABILITÀ DI STRUTTURA

DISERBO POST-EMERGENZA

| <i>Terzo livello aggregazione</i> | Minima lavorazione | Semina su sodo |
|--|---------------------------|-----------------------|
| INDICE DI VALUTAZIONE GLOBALE | 0.54 | 0.41 |

CONCLUSIONI:

- Adeguatezza della metodica per descrivere i sistemi dal punto di vista della sostenibilità. Indicazioni a diversi livelli di aggregazione.
- Impiego a larga scala (MDS).