

**Relazione scientifica dell'attività di ricerca svolta per il progetto dal titolo:
Monitoring soil water content and electrical conductivity (ECe) by Time Domain
Reflectometry (TDR) measurements under saline soils.**

L'obiettivo della ricerca era il seguente:

- 1) Evoluzione del contenuto idrico del suolo dal solco irriguo lungo l'asse longitudinale verso la zona centrale della baulatura.
- 2) Stima del contenuto dei Sali attraverso il profilo del suolo e durante la stagione irrigua.
- 3) Efficienza del sistema irriguo valutato tra due eventi irrigui.

La mia partenza è avvenuta il giorno 28 maggio con arrivo a Pechino il 29 maggio e poiché il giorno 30 era stata programmata la prima irrigazione a Minqin, ho direttamente il 29 volato su Lanzhou, dove ho dovuto visti gli orari di arrivo, sostare una notte. Il giorno 30 sono partita per Minqin, dove il 31 sono iniziati i rilievi per la calibrazione del Diviner.

Introduzione

L'obiettivo si sarebbe dovuto attuare attraverso l'uso di una strumentazione TDR che il partner cinese avrebbe dovuto acquistare. Purtroppo a causa di alcuni tagli di finanziamento, la disponibilità economica è stata ridotta e non hanno potuto adempiere all'acquisto. Questa circostanza si è verificata, quasi in concomitanza con la comunicazione di avvenuta attribuzione della short term mobility alla mia persona.

Con i partner cinesi abbiamo cercato di trovare una soluzione alternativa che consentisse di procedere nel programma proposto. Il TDR e altre strumentazioni che funzionano nel dominio della frequenza della riflettometria (FDR), sono tecniche per misure automatiche per il contenuto idrico del suolo basate sulle proprietà dielettriche del suolo. Pertanto tra le strumentazioni disponibili per la stima del contenuto idrico del suolo abbiamo individuato uno strumento simile, come principio di funzionamento al TDR, ma invece di funzionare nel dominio del tempo della riflettometria (TDR) funziona nel dominio della frequenza della riflettometria (FDR). La strumentazione acquistata ed usata è il DIVINER 2000. L'ulteriore differenza tra il TDR e il FDR è anche sulla capacità che il TDR può anche acquisire i contenuti dei Sali nel suolo mentre il FDR no, di conseguenza per l'analisi dell'andamento dei contenuti dei Sali lungo il profilo si è ovviato tramite il prelievo di suolo e successiva determinazione in laboratorio dell'ECe.

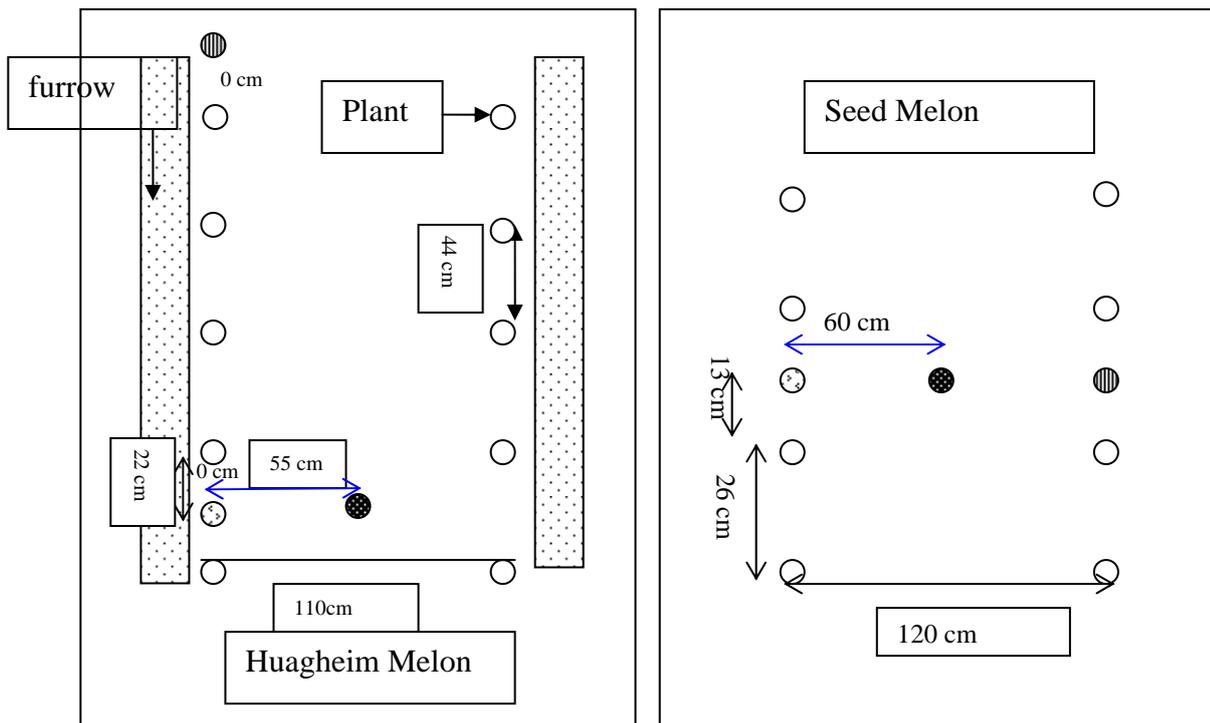
Lo strumento consta di una sonda montata al termine di un'asta metallica di 100 cm, di un tappo a vite che serve per ancorarla al tubo di accesso inserito preventivamente nel suolo, e di un anello metallico magnetico che consente il riconoscimento delle profondità che si stanno leggendo allo scorrimento della sonda nel tubo. La sonda acquisisce letture ogni 10 cm.

La strumentazione consente di poter avere il valore di cambio di frequenza (Nota: vuoi dire l'intensità del segnale, riflettività, in funzione della frequenza?) oppure direttamente il contenuto volumetrico del suolo, attraverso una equazione di calibrazione settata dalla casa madre. La casa madre fornisce 3 equazioni di calibrazione che dovrebbero funzionare per tre grosse tipologie di suolo (sabbioso, mediamente sabbioso, e organico). Se si acquisisce con una equazione di default della casa madre i dati che si otterranno mostreranno il cambio relativo di contenuto idrico in tutti i tipi di suolo eccetto per il suolo per il quale l'equazione di default è ottenuta, in quel caso il contenuto idrico è assoluto.

Per poter avere un valore assoluto del contenuto d'umidità va fatta una calibrazione tra la lettura del DIVINER in scala di frequenza e il contenuto volumetrico reale determinato tramite campioni gravimetrici.

Materiali e metodi.

Prima del mio arrivo al campo sperimentale presso la stazione di Xuebai Experimental Station of Minqin Desert Control Center nella provincia del Gansu, dove il CAREERI su due specie di melone, uno della varietà dolce (huagheim melon) e l'altro della varietà da seme (seed melon), ha dal 2007, una prova sperimentale su melone irrigato a solchi con acqua a diverse concentrazioni saline ($0.8; 2.5 \text{ g l}^{-1}$), il disegno sperimentale è a quadrato latino per ognuna delle specie testate. Su due delle 3 ripetizioni disponibili per ogni trattamento salino e ogni specie, sono stati installati i tubi secondo lo schema riportato. I pallini riempiti con diverso motivo rappresentano i 3 tubi installati sulle parcelle.



Le foto dimostrano la riproduzione reale dello schema riportato sopra.



Pertanto al mio arrivo i tubi erano già stati installati e l'emergenza del melone era già avvenuta, di conseguenza le irrigazioni differenziate secondo la concentrazione saline dell'acqua sono iniziate con il 30/5. Gli interventi irrigui a cui ho potuto collaborare sono stati 30/5; 13/6; e non tutta l'irrigazione del 26/6, ogni irrigazione ha distribuito $495 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ sia su melone dolce che da seme.

Calibrazione del Diviner

Il contenuto idrico del suolo è stato determinato misurando il cambio di frequenza indotta dal cambio di permittività del suolo nella frangia di suolo a contatto con il tubo di accesso esplorata dal sensore. Questa frangia si estende per circa 5 cm dalla parete esterna del tubo di accesso.

Brevemente, la capacità del strato di suolo varia proporzionalmente con la permittività del suolo e questa con il contenuto dell'acqua nel suolo.

Il segnale misurato viene normalizzato conoscendo le intensità misurate in aria ed in acqua, che definiscono i valori minimo e massimo. Il segnale normalizzato, SF, diventa quindi:

$$SF = \frac{(F_A - F_S)}{(F_A - F_W)} \text{ dove:}$$

F_A è il segnale misurato in aria; F_S il segnale misurato nel suolo (tubo di accesso) e F_W è il segnale misurato in acqua.

Dal giorno successivo all'irrigazione, fino alla successiva irrigazione sono state fatte letture ogni due giorni con il DIVINER, come detto in precedenza l'intervallo di lettura è di ogni 10 cm, pertanto sui soli tubi centrali sono stati prelevati campioni gravimetrici di suolo alle profondità 20-40-60-80 e 100 cm, il prelievo avveniva ogni volta che si effettuava la lettura con lo strumento. Alle stesse date e profondità sono stati prelevati campioni di suolo per la determinazione della ECe.

Risultati.

Nella **Figura 1a,b,c** sono riportate le regressioni ottenute tra i valori di SF e le determinazioni di contenuto volumetrico attraverso campioni gravimetrici per il melone Huangheim. La **fig.1a** mostra la regressione ottenuta considerando tutte le profondità analizzate insieme. Le relazioni riportate in **figura 1b** e **1c** sono state ottenute separando lo strato 20 e 40 cm dalle altre profondità 60, 80 e 100. Questo raggruppamento è stato effettuato dopo aver analizzato tutte le possibili combinazioni tra gli orizzonti e raggruppando quelli che avevano caratteristiche fisiche e idrologiche simili.

Stesso tipo di analisi è stata condotta per il melone da seme (seed melon) , dove però la regressione di tutte le profondità insieme non descriveva (per questo non si riporta) bene, come invece, la separazione delle profondità 20 e 40 cm insieme e 60-80 e 100 cm insieme. La **Figura 2a,b** riporta i risultati ottenuti per il campo a Seed Melon.

Inoltre per entrambi i procedimenti di calibrazione sono stati calcolati i RMSE (root mean square error) sia per le singole profondità che per l'aggregazione di profondità applicate per la calibrazione. In tabella 1 sono riportati i risultati relativi alla valutazione del valore assoluto d RMSE .

Tabella 1. Valori assoluti di RMSE di θ ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) valuati su Huangheim melon e Seed melon alle profondità 20; 40 e medio di 20+40 cm, inoltre per 60; 80 e 100 e il valore medio dello strato 60+80+100 cm.

Profondità cm	Hugheim melon RMSE ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)	Seed melon (RMSE $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)
20	0.043	0.022
40	0.024	0.024
20+40	0.039	0.023
60	0.029	0.026
80	0.049	0.024
100	0.034	0.019
60+80+100	0.041	0.023

Una volta ottenute le equazioni di calibrazione è stato determinato il contenuto volumetrico dai valori di SF e si sono analizzati i risultati di contenuto idrico volumetrico, durante i due interventi irrigui che ho potuto seguire durante la mia permanenza .

La **Figura 3**, raggruppa per ogni trattamento e per ogni ripetizione l'andamento ogni due giorni (per motivi di spazio sono riportati alcuni giorni dei rilievi fatti) del contenuto di umidità. Risulta evidente che i tubi posti nei solchi seguono bene la fase di inumidimento ed essiccamento tra gli eventi irrigui. Il tubo posto tra i solchi che dovrebbe descrivere l'andamento dell'inumidimento trasversale mostra che l'intervento irriguo non è in grado di aumentare il contenuto idrico della fascia di suolo compresa tra i solchi. Solo dopo circa 4 giorni dall'irrigazione si avverte un leggero aumento del contenuto idrico negli strati superficiali, mentre gli strati profondi variano poco.

E' da notare che sia sui tubi laterali che centrali le variazioni di umidità per le profondità al di sotto dei 50 cm sono minime e il profilo è quasi sempre alla saturazione. Inoltre quando il tubo centrale tende ad aumentare il suo contenuto di umidità, è in genere a discapito di uno dei due tubi laterali, e non equamente da entrambi i laterali.

Le maggiori variazioni di umidità si hanno nei primi 30 cm però è pur vero che era a solo un mese dalla semina e l'apparato radicale era ancora superficiale. Sicuramente all'avanzamento del ciclo i dati mostreranno variazioni diverse.

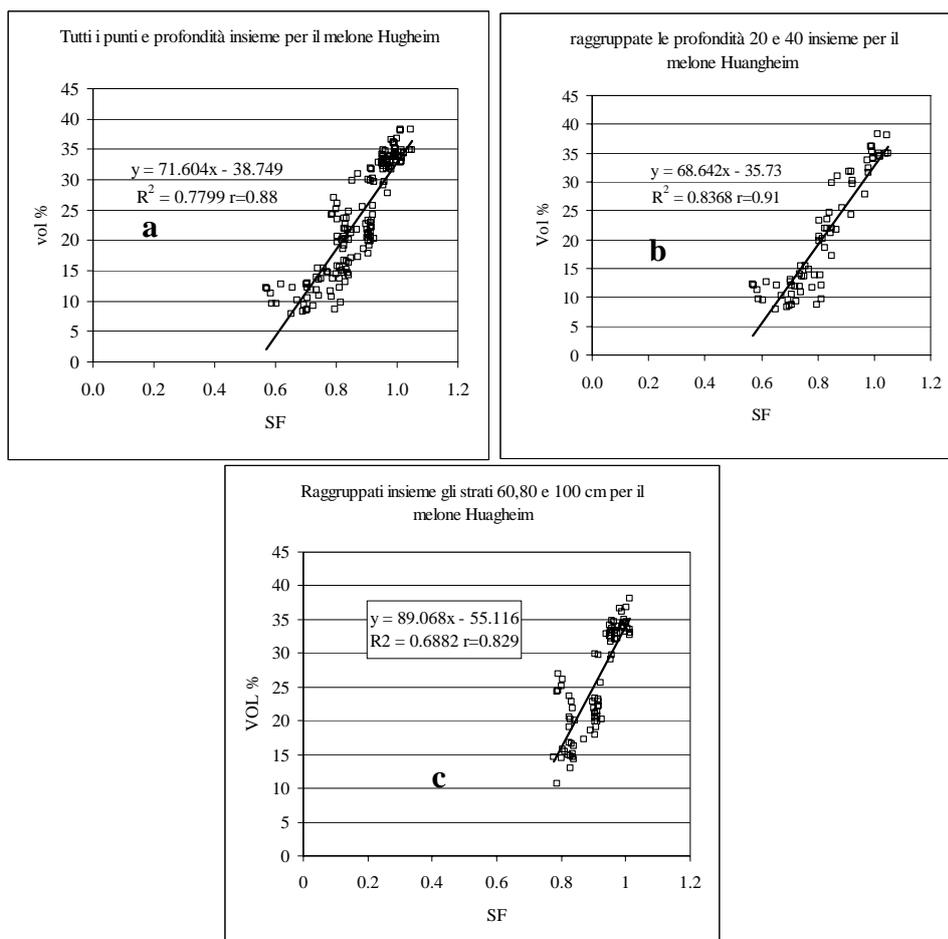


Figura 1- a,b e c- Relazioni tra SF e contenuto volumetrico del suolo, per il melone Huangheim. Fig1a, tutte le profondità raggruppate, 1b e 1c rispettivamente strato 20 e 40 insieme e 60, 80 e 100 insieme. RMSE medio di 20+40 = 0.039 cm³ cm⁻³, per 60+80+100 RMSE = 0.038 cm³ cm⁻³

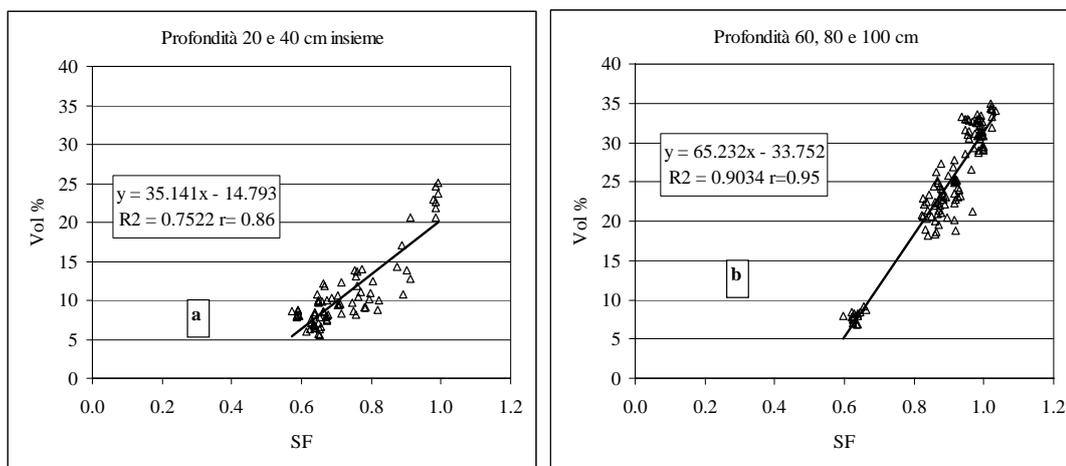


Figura 2- a e b - Relazioni tra SF e contenuto volumetrico del suolo, per il melone da seme. Fig 2a, tutte le profondità raggruppate, 1b e 1c rispettivamente strato 20 e 40 insieme e 60, 80 e 100 insieme. RSME =0.023 cm³ cm⁻³ per lo strato 20+40 , mentre per lo strato 60+80+100 RMSE = 0.023 cm³ cm⁻³

Sulla base delle irrigazioni che ho seguito per valutare l'efficienza di applicazione sono stati presi in considerazione i tubi posti sulla cresta del solco ed è stato calcolato il quantitativo di acqua introdotto nel profilo attraverso l'irrigazione. Per cui si è considerato il giorno prima dell'irrigazione e il giorno dopo l'irrigazione. Per ogni profondità si è calcolata la ricarica idrica del profilo $\Delta\theta$ tramite la seguente formula:

$$\Delta\theta = (\theta_f - \theta_i)$$

dove θ_f è il contenuto idrico dopo l'irrigazione e θ_i è il contenuto idrico prima dell'irrigazione.

Questa formula applicata per ogni profondità lungo il profilo ci esprime la variazione di contenuto idrico che dovrebbe essere, nel caso di metodi irrigui con una buona efficienza di applicazione quasi pari al volume irriguo distribuito, nel nostro caso 49,5 mm. Il metodo irriguo a solchi è risaputo non adempiere ad buona efficienza di applicazione , quindi il valore calcolato potrebbe non essere vicino al volume irriguo, e in genere le stime portano ad una perdita del 25% rispetto al volume somministrato.

In **tabella 2** si riportano un esempio per un tubo e trattamento di come si è proceduto all'elaborazione dei $\Delta\theta$, si riportano i valori di θ_f θ_i del profilo e il $\Delta\theta$ calcolato.

I risultati per ogni trattamento salino (H0.8-H2 e H5), per le due ripetizioni dove i tubi sono stati installati, II R e III R, e il numero dei due tubi posti sulle creste dei solchi irrigui, viene riportato nella **Tabella 3**

Tabella 2 esempio di calcolo per il $\Delta\theta$

Treatment	H5 II R Tube 1					
	date					
Depth cm	13/6 θ_i ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)	$\Delta\theta$ mm	14/6 θ_f ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)	25/6 θ_i ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)	$\Delta\theta$ mm	27/6 θ_f ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)
10	9.93	12.37	22.30	10.63	11.37	21.50
20	17.57	11.55	29.12	18.68	9.25	27.92
30	31.09	2.45	33.53	33.05	1.86	34.90
40	29.46	2.12	31.58	31.10	2.26	33.35
50	30.88	1.21	32.10	32.64	1.68	34.31
60	25.33	2.24	27.58	25.92	2.09	28.01
70	26.61	2.33	28.94	25.97	1.15	27.11
80	33.40	0.02	33.41	33.24	0.19	33.42
90	33.22	-0.19	33.03	32.81	0.19	33.00
100	25.47	-0.54	24.93	25.42	0.20	25.62
Somma $\Delta\theta$		33.56			30.24	
Vol irrig.		49.5			49.5	

Dalla tabella 3 si nota come il metodo irriguo utilizzato generi un'alta diffomità di applicazione/distribuzione che in alcuni casi e per alcuni interventi irrigui, diventa altamente penalizzante come le tesi H08 e H2 per entrambe le ripetizioni analizzate e in particolare sul $\Delta\theta$ del secondo intervento irriguo. Solo alcuni casi per queste due tesi sono abbastanza vicine al volume irriguo somministrato.

Pertanto si è valutata l'efficienza di applicazione/distribuzione (EA) percentuale, considerando la seguente espressione ($\Delta\theta/\text{volume irriguo (49.5 mm)}\text{)*100$, nella tabella 3 vengono riportati i risultati relativi per ogni tubo e il valore medio della tesi. I risultati della EA mostrano che in termini di tesi considerata si ha un'alta variabilità d'efficienza di applicazione tra le ripetizioni della stessa tesi e che tra le tesi la H08 è stata penalizzata nell'applicazione.

Un ulteriore considerazione va fatta sulla modalità di applicazione. Le tecniche irrigue nella zona non sono molto avanzate e la pratica irrigua è fortemente penalizzata dalle disponibilità economiche per attrezzature che aiutino nella buona gestione irrigua. In particolare non dispongono di un contatore per registrare i volumi somministrati. Di conseguenza la pianificazione dell'irrigazione avviene come segue.

La vasca di raccolta dell'acqua è a sezione trapezoidale, di volume noto, il tubo su cui è installata la pompa per pescare l'acqua è posto in modo che venga indicato sul tubo il livello a cui l'acqua deve giungere per corrispondere ai m^3 di acqua totali che devono essere distribuiti su tutte le tesi a pari concentrazione. Per poter definire la quantità che va distribuita su ogni singola parcella, si fa riferimento alla lunghezza, numero dei solchi per ogni parcella e alla sezione dei solchi, sulla base di questi dati si definisce per quanto tempo (minuti) deve essere garantita l'erogazione dell'acqua su ogni parcella per corrispondere all'acqua che deve essere applicata.

Tabella 3 Stima del $\Delta\theta$ calcolato per due eventi irrigui e per i diversi trattamenti. Efficienza d'applicazione (EA %) per ogni tubo e come media della tesi studiata. Il volume irriguo ad ogni intervento irriguo era pari a 49.5 mm

		$\Delta\theta_{14/06-13/6}$		$\Delta\theta_{27/06-25/6}$		tesi /prof	$\Delta\theta_{14/06-13/6}$		$\Delta\theta_{27/06-25/6}$	
	tubo	1	3	1	3		13	14	13	14
tesi	prof.cm					H5 IIR				
H5 IIR	10	12.37	11.44	11.37	11.31	10	8.77	10.56	11.49	13.36
	20	11.55	9.27	9.25	7.99	20	13.38	8.81	14.62	9.08
	30	2.45	4.04	1.86	3.37	30	4.95	7.16	7.09	10.42
	40	2.12	3.69	2.26	4.59	40	2.27	6.19	2.71	11.18
	50	1.21	1.48	1.68	3.17	50	1.29	6.95	2.74	12.27
	60	2.24	0.98	2.09	2.83	60	0.54	4.61	2.15	9.81
	70	2.33	1.23	1.15	2.69	70	0.82	1.89	1.46	4.58
	80	0.02	0.58	0.19	0.78	80	0.23	0.78	0.38	1.80
	90	-0.19	0.52	0.19	0.64	90	0.35	0.26	0.41	-0.03
	100	-0.54	1.02	0.20	0.33	100	0.18	-0.20	0.07	-0.16
somma $\Delta\theta$		33.56	34.25	30.24	37.70	tesi /prof	32.78	47.01	43.12	72.31
EA=($\Delta\theta$ /Vol Irrig)*100		67.80	69.19	61.09	76.16		66.22	94.97	87.11	146.08
EA aver.tesi (%)			68.49		68.63			80.60		116.60
H08 II R	tubo/prof	4	6	4	6	H08 III	10	11	10	11
	10	9.52	8.41	10.15	4.92	10	15.67	6.70	15.36	10.36
	20	5.67	7.94	6.42	4.79	20	14.79	9.08	13.91	8.85
	30	2.47	2.97	3.69	2.51	30	4.76	1.14	5.53	1.61
	40	1.80	3.01	3.40	2.50	40	0.34	0.58	1.47	1.13
	50	2.10	4.02	2.55	1.21	50	0.08	0.31	1.51	-0.07
	60	1.30	-0.02	0.66	-0.46	60	2.66	1.05	2.72	-0.07
	70	1.06	-0.17	0.51	-0.92	70	1.82	2.41	1.20	0.37
	80	0.22	-0.38	0.06	-0.11	80	2.97	2.30	1.24	-0.49
	90	0.46	-0.47	0.72	0.06	90	0.18	0.84	0.46	-1.02
	100	-0.33	-0.39	0.42	0.23	100	-0.47	-0.53	0.54	-0.42
somma $\Delta\theta$		24.27	24.92	28.58	14.73	tesi /prof	42.80	23.88	43.94	20.25
EA=($\Delta\theta$ /Vol Irrig)*100		49.03	50.34	57.74	29.76		86.46	48.24	88.77	40.91
EA aver.tesi (%)			49.69		43.75			67.35		64.84
H2 II R	tubo/prof	7	9	7	9	H2 III R	16	17	16	17
	10	10.04	12.80	10.37	13.90	10	10.44	11.56	7.51	10.03
	20	11.79	15.24	11.26	13.19	20	11.35	10.76	8.28	8.49
	30	6.36	16.15	5.71	12.96	30	3.85	6.13	2.78	5.02
	40	0.94	2.42	1.58	1.61	40	1.87	3.91	0.69	3.41
	50	1.22	0.34	1.02	0.74	50	0.57	4.71	-0.20	2.94
	60	0.82	0.20	0.67	0.68	60	0.55	2.35	-0.12	-0.03
	70	0.02	0.35	0.62	0.18	70	-0.28	1.61	-0.16	-0.72
	80	-0.26	-0.11	0.11	0.39	80	-0.03	1.70	-0.16	-0.75
	90	2.00	-0.25	-0.43	1.66	90	-0.15	0.49	0.02	-0.02
	100	1.07	-0.32	-0.23	-0.34	100	-0.36	0.04	-0.03	-0.12
somma $\Delta\theta$		34.00	46.82	30.68	44.97		27.81	43.26	18.61	28.25
EA=($\Delta\theta$ /Vol Irrig)*100		68.69	94.59	61.98	90.85		56.18	87.39	37.60	57.07
EA aver.tesi (%)			81.64		76.41			71.79		47.33

Chiaramente tale modalità di erogazione viene ad essere fortemente influenzata dall'assicurare che non ci sia nessuna distrazione in termini di minuti cronometrati, che lo spostamento del tubo e/o la chiusura della pompa per passare da una parcella ad un'altra sia

repentina. Infine lo schema della procedura di irrigazione riportato in **Figura 4** fa comprendere come la variabilità di applicazione sia notevole. In figura si riporta schematicamente la pratica irrigua eseguita durante la prova, la modalità di erogazione è stata la stessa ad ogni intervento irriguo. Poiché non hanno un sistema irriguo costituito da manichette di deviazione e tubi che irrorino ogni solco singolarmente, ma fanno uso di un solo tubo di plastica (vedi foto) che spostano tra le parcelle, hanno effettuato l'irrigazione come da schema per operare più rapidamente. Le zone che sono indicate come di tolleranza, sono viali di passaggio: quando si pratica per esempio l'irrigazione della parcella H08 I R e H08 II R il viale serve per far fluire l'acqua tra le due parcelle, e nello stesso tempo sbarrare ed isolare (viene fatto in genere con suolo) le parcelle che sono a concentrazione diversa. L'apertura tra le due parcelle a pari concentrazione avviene quando la prima sottoposta ad erogazione (es: H08 I R,) è quasi completata.

E' da notare come tale pratica sia troppo approssimata e comporti una scarsa garanzia di stesso volume applicato. Infatti ritornando alla tabella 2 , purtroppo lo si può analizzare solo per H5 II R e H5 III R, si nota come per entrambe le date analizzate la tesi H5 II R abbia volumi più bassi della tesi H5 III R, questo probabilmente è dovuto al fatto che la connessione, per far fluire l'acqua dalla H5 II R alla H5 III R è stata aperta troppo presto e l'acqua è fluita ma non ha sostato per un tempo sufficiente per garantire lo stesso volume su entrambe le parcelle. Al momento questa valutazione resta ipotetica bisognerà analizzare i dati degli altri interventi irrigui per confermare o no tale ipotesi.

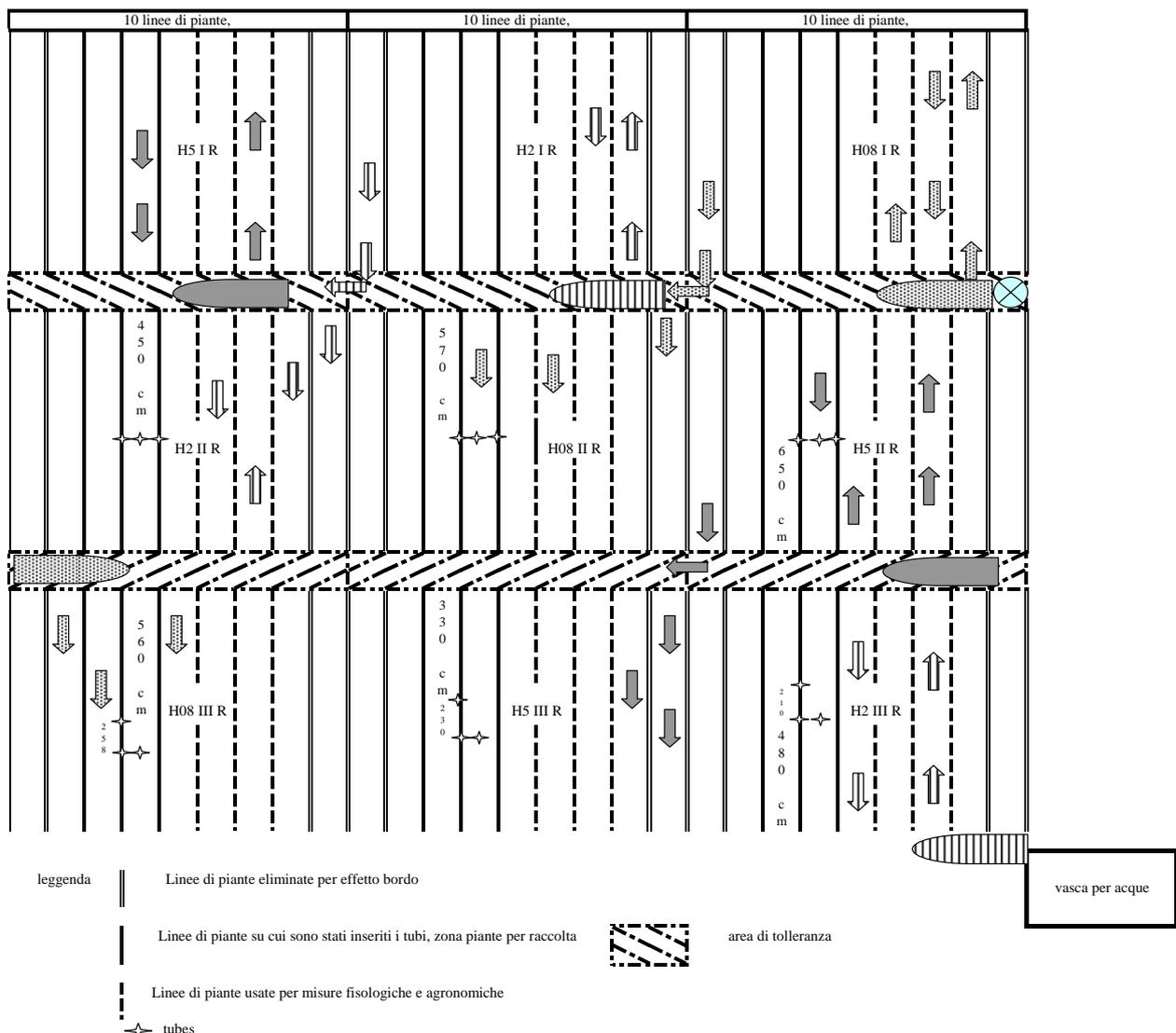


Figura 4- Schema di applicazione dell'irrigazione.



Tubo irriguo

La **figura 5** mostra i valori di contenuto volumetrico del suolo, sulla base della calibrazione effettuata da noi (es. 1_calb) e i valori ottenuti applicando l'equazione numero 1 della casa madre Diviner (es. 1_div), la stessa equazione per tutte le profondità è stata considerata. Si nota come ci sia una costante sovrastima da parte dell'equazione del diviner, e se consideriamo le proprietà idrauliche del suolo oggetto di studio (vedi schema sottostante), determinate nell'anno precedente sulla cooperazione bilaterale CAS-CNR, i valori ottenuti dalla casa madre diviner sono lontani da quelli che sono i valori di capacità di campo e punto di appassimento, invece i valori stimati dalla calibrazione effettuata da noi, risultano più vicini ai valori determinati in laboratorio.

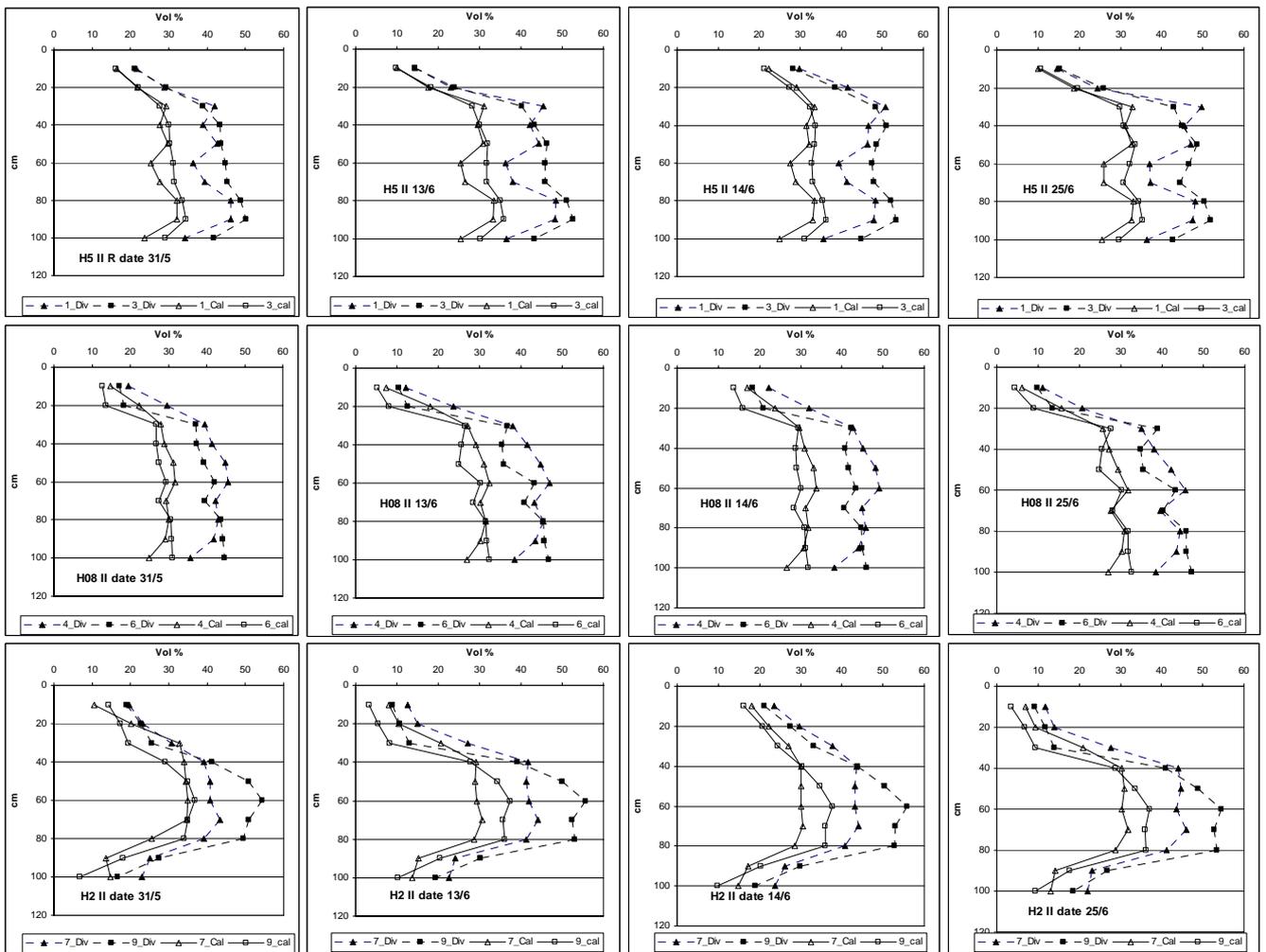


Figura 5. Contenuti volumetrici del suolo a diverse profondità ottenuti dalla calibrazione (es.1_cal) e dall'equazione del DIVINER (es. 1_div)

	profondità cm		
	0-20	45-60	80-100
Capacità di campo (h=100cm)	0.206	0.335	0.215
Punto appassimento (h=10000 cm)	0.055	0.260	0.060
θ_{sat} (cm ³ cm ⁻³)	0.37	0.38	0.34

I risultati riportati non sono completi e mancano i risultati relativi all' varietà di melone oltre a tutta l'analisi dell'accumulo dei Sali. I dati, appena si completerà la stagione irrigua ancora in corso verranno elaborati e saranno oggetto di pubblicazione.

Conclusioni

Dai primi risultati sembra abbastanza chiaro che la gestione irrigua necessita di notevoli miglioramenti, a partire dall'impianto irriguo, per garantire una uniformità di applicazione e una miglior gestione agronomica anche per le colture effettuate. L'equazioni ottenute per la calibrazione del Diviner risulta soddisfacente con un $r = 0.91$ per il Hugheim melon alle profondità 20 e 40 cm raggruppate e un $r = 0.83$ per il gruppo di profondità 60, 80 e 100 cm insieme. Nel caso del seed melon per la profondità 20 e 40 cm raggruppate abbiamo avuto un $r = 0.86$ e un $r = 0.95$ per il gruppo di profondità sottostanti, 60-80 e 100 cm.

L'RMSE assoluto valutato sulla base dell'uso di tali equazioni ha dato un valore di 0.039 cm³ cm⁻³ per il profilo 20+40 cm e 0.038 cm³ cm⁻³ per il profilo 60+80+100 cm. Nel caso del seed melon abbiamo avuto un RSME assoluto pari a 0.023 cm³ cm⁻³ per la profondità 20+40 cm e un RMSE di 0.0236 cm³ cm⁻³ per la profondità 60+80+100 cm.

Il bilancio idrico per le date che si sono seguite mostra un grossa variazione di acqua per i primi 30 cm mentre l'apporto irriguo per le profondità al di sotto dei 40 cm è scarsa ed in alcuni casi addirittura nulla, ma tale andamento potrebbe cambiare leggermente per l'avanzamento dell'approfondimento radicale .

P.s. essendo la **figura 3** notevolmente grande viene allegata a termine testo.

Il fruitore

(Dr. Anna Tedeschi)

Il Proponente

Il Direttore
Prof. M. Menenti)

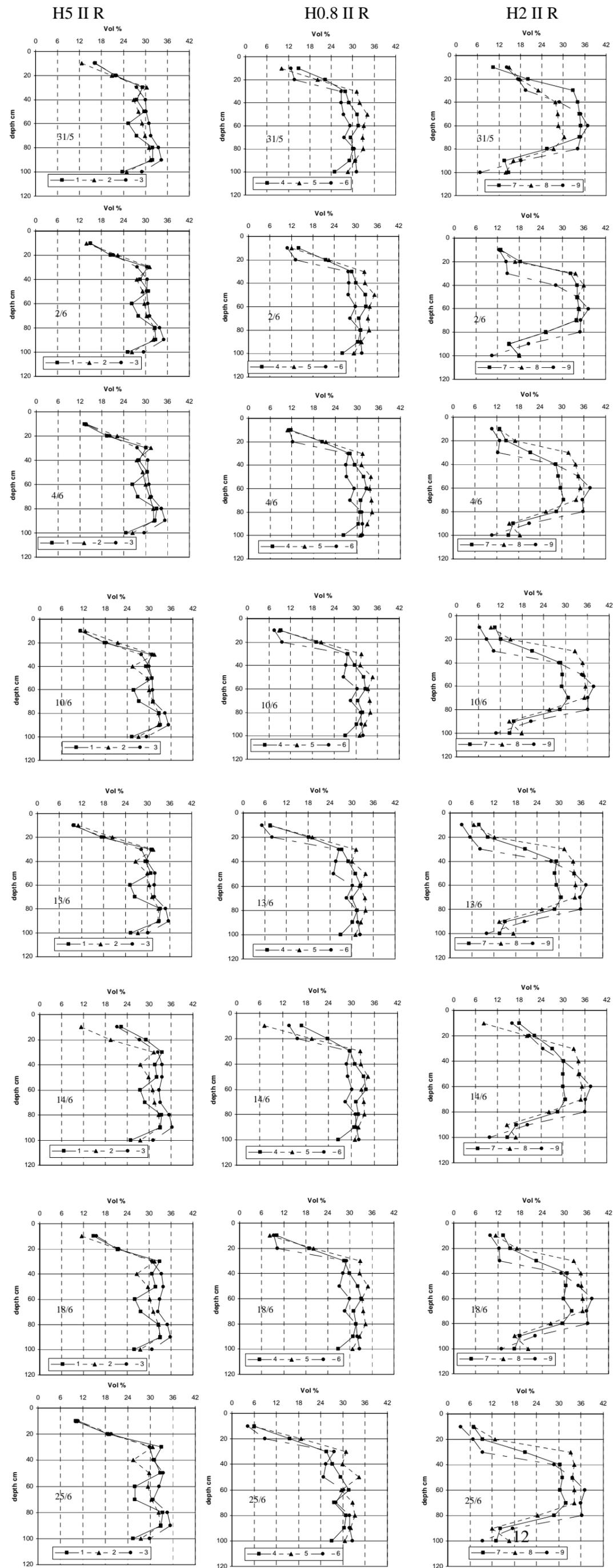
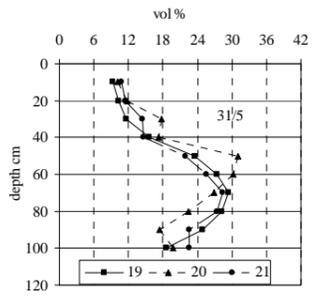
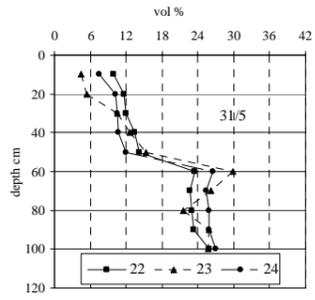


Figura 3- andamento delle umidità del suolo per le diverse tesi e ripetizioni in diversi giorni durante la stagione irrigua.

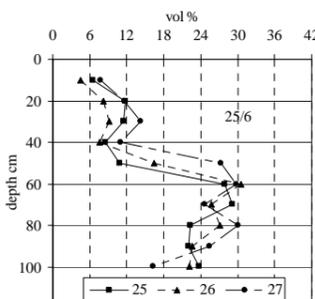
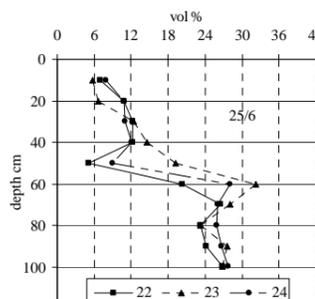
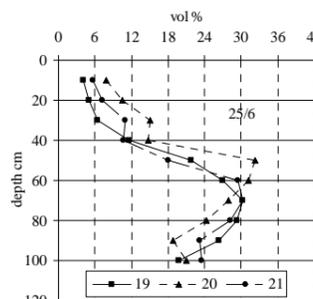
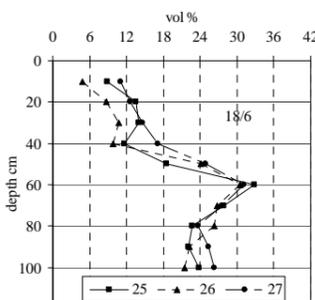
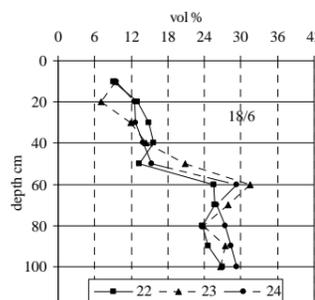
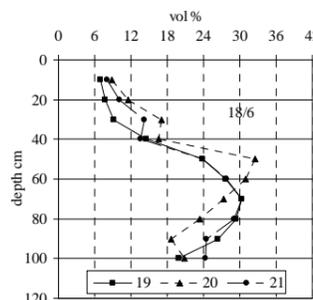
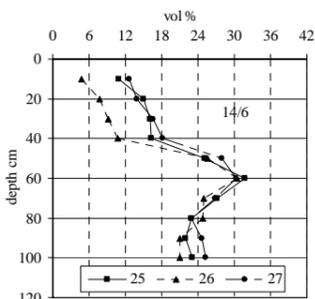
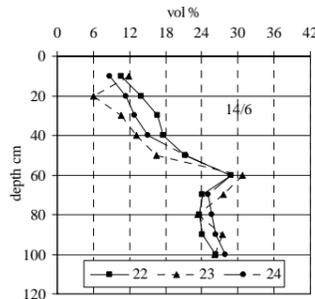
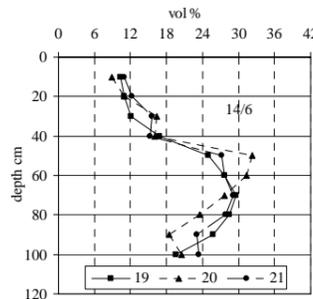
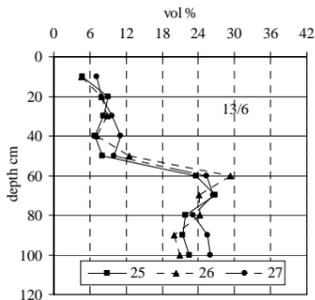
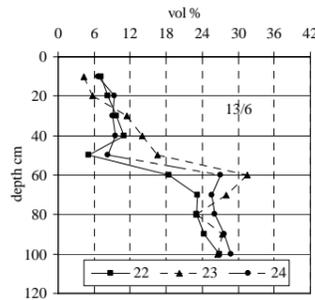
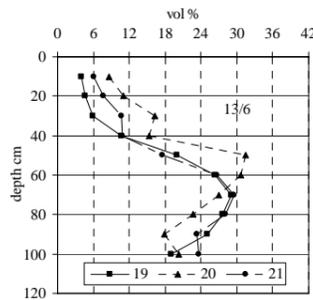
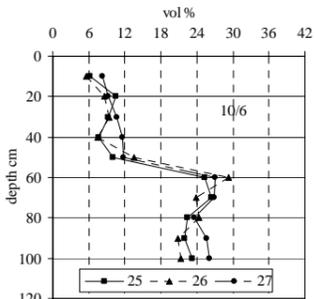
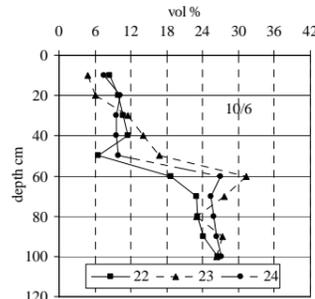
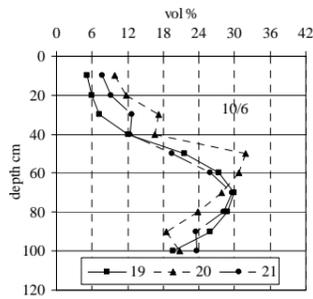
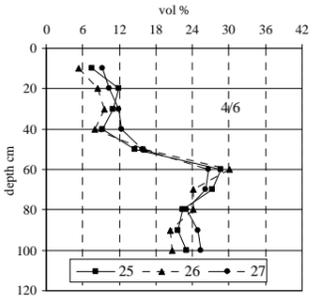
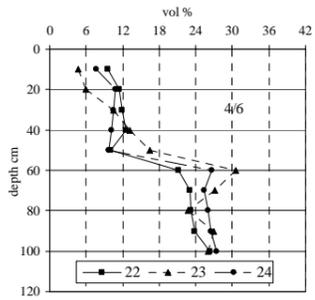
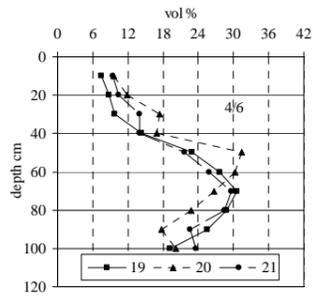
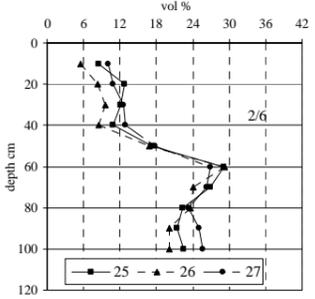
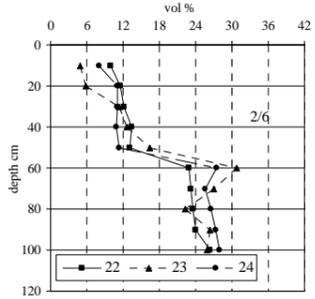
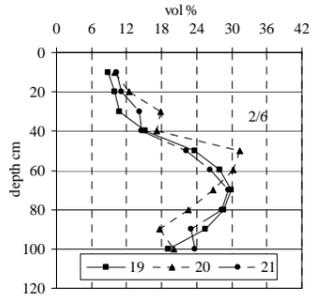
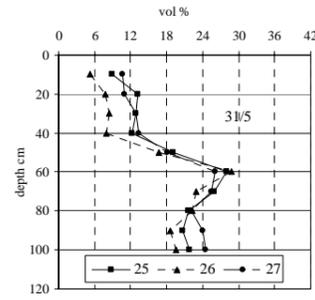
S0.8 IR



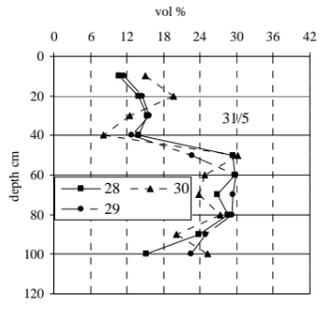
S2 IR



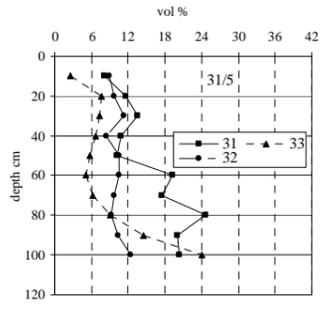
S5 IR



S2 II R



S08 II R



S5 II R

