

IL COMPATTAMENTO DEL SUOLO IN AGRICOLTURA

Sommario:

- Il compattamento del suolo consiste nell'aumento della densità apparente e nella corrispondente diminuzione della porosità del suolo causata da carichi applicati ad esso.
- Un compattamento del suolo che influisce negativamente sulla crescita della coltivazione può avvenire in diversi modi e a diverse profondità.
- L'effetto negativo principale del compattamento del suolo sulla produttività della coltivazione è una riduzione della capacità del suolo di fornire acqua e sostanze nutritive alla coltura.
- Un compattamento in prossimità della superficie del suolo può, in determinate condizioni, ridurre significativamente la resa ma è generalmente più gestibile e non influisce sul terreno per molto tempo.
- Un compattamento in profondità è più difficile da eliminare e può influenzare negativamente la crescita e la resa dei raccolti per anni, con effetti che si prolungano nel tempo.
- Crescita delle radici limitata, conseguente carenza di nutrienti e scarsa infiltrazione d'acqua possono essere tutti i segni di compattamento.

Introduzione:

Il compattamento è una delle forme più gravi di degradazione del suolo causate dalla produzione agricola. Tuttavia, a differenza di altre forme di degradazione del suolo, come l'erosione o la salinizzazione, il compattamento è spesso difficile da individuare e quantificare e può limitare la crescita e la resa del raccolto senza presentare segni evidenti.

Quando sono presenti i sintomi, come crescita limitata della coltura, carenza di nutrienti o scarsa infiltrazione d'acqua, essi possono essere erroneamente attribuiti ad altre cause.

In generale, i problemi del compattamento nella produzione agricola stanno diventando più frequenti. Le dimensioni e il peso dei macchinari agricoli sono aumentati drasticamente negli ultimi decenni, poiché le aziende agricole si sono allargate e i macchinari devono coprire più ettari. Una semina anticipata di mais, effettuata per massimizzare la resa, può aumentare la probabilità di lavorare campi in cui

alcune parti del terreno sono troppo umide. Inoltre, le aziende agricole che svolgono attività su superfici estese distribuite su aree molto grandi possono essere spinte ad operare in condizioni di bagnato eccessivo, aggravando il problema del compattamento.

Un certo grado di compattamento del suolo è l'inevitabile conseguenza della produzione agricola moderna, dovuta alla necessità di spostare macchinari attraverso il campo per seminare, gestire e raccogliere. Il compattamento del suolo molto probabilmente non può essere eliminato del tutto in un sistema agricolo moderno, quindi deve essere gestito e ridotto al minimo nel limite del possibile.

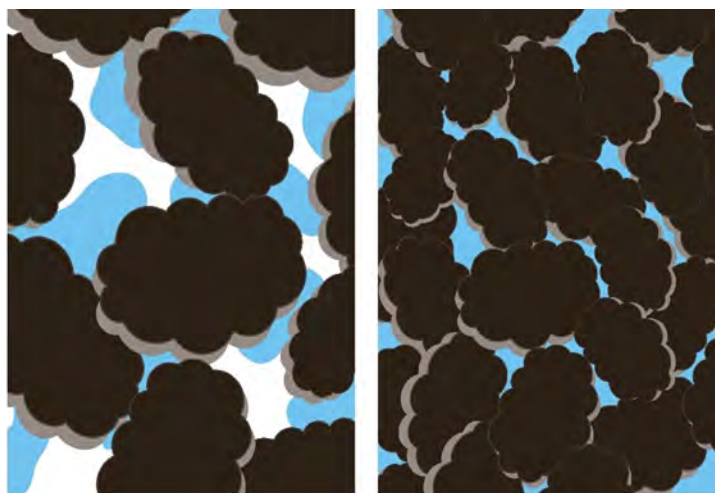


Figura 1. Germoglio di mais che non è riuscito a emergere a causa del prolungato stress da freddo e del compattamento del suolo. Il coleoptile non è stato in grado di spingere verso l'alto oltre la superficie del suolo e risulta perciò ripiegato e deformato.

Effetti del compattamento su terreni e colture:

Il compattamento del suolo è definito come l'aumento della densità apparente e la corrispondente diminuzione della porosità del suolo causata da carichi applicati ad esso. Il compattamento del suolo può avere numerosi effetti negativi sulla produzione della coltura, incluse la riduzione della crescita delle radici e una ridotta capacità di ritenzione idrica. Terreni agricoli altamente produttivi, ben strutturati, sono composti in genere da circa il 50% di solidi e il 50% di spazio poroso, con un'equa distribuzione di macropori e micropori (Brady, 1990) Questo rapporto tra macropori e micropori consente al terreno di immagazzinare un'abbondante quantità d'acqua per la crescita delle piante, consentendo allo stesso

tempo lo scambio gassoso che fornisce ossigeno alle radici delle piante. I minerali del suolo hanno una densità assoluta di circa 2,65 g/cm³, quindi un terreno di tessitura media costituito da un volume poroso del 50% avrà una densità apparente intorno a 1,33 g/cm³ (USDA-NRCS 2008).



Terreno normale

- Densità apparente= 1.3
- Condizione stabile
- Pochi macropori
- Aerazione discreta
- Tipico terriccio francolimoso che segue uno schema tipico

Terreno compattato

- Densità apparente= 1.6
- Assenza di macropori
- Micropori ripieni d'acqua
- Aggregati schiacciati

Figura 2. Caratteristiche dei terreni normali e compattati. (Adattato da Wolkowski, 2010).

Terreni a tessitura fine e terreni ad alto contenuto di sostanza organica hanno una densità apparente più bassa, mentre i terreni sabbiosi hanno meno spazio poroso e di conseguenza hanno una densità apparente più elevata.

L'intervallo di densità apparente che favorisce la crescita delle piante differisce in base alla struttura del suolo, così come l'intervallo di densità apparente che limita la crescita delle piante (Tabella1).

Tessitura del terreno	Densità apparente ideale per la crescita della coltura	Densità apparente che limita la crescita delle radici
	g/cm ³	g/cm ³
Sabbiosa	< 1.60	> 1.80
Limosa	< 1.40	> 1.65
Argillosa	< 1.10	> 1.47

Tabella 1. Relazione tra la densità apparente del terreno e la crescita delle radici in base alla struttura del terreno (USDA-NRCS, 2008).

Il compattamento del suolo che influisce negativamente sulla crescita delle colture può avvenire in diversi modi e a diverse profondità. Il compattamento superficiale causato da piogge abbondanti, il compattamento delle pareti laterali causato da condizioni umide al momento della semina e gli strati di terreno induriti appena sotto il livello dell'aratura (suole di lavorazione) possono limitare la crescita delle radici e ridurre la resa delle colture.

Da un punto di vista gestionale, tuttavia, la forma più grave di compattamento è quella causata dai carichi delle ruote dei macchinari che operano sul terreno. Il compattamento causato da un peso elevato può estendersi dalla superficie del terreno fino al sottosuolo, dove può persistere per anni e a cui è difficile, se non impossibile, rimediare.

L'effetto negativo primario del compattamento del suolo sulla produzione agricola è una riduzione della capacità del suolo di fornire acqua e sostanze nutritive alla coltivazione. Ci sono molteplici aspetti del compattamento che entrano in gioco. I terreni compatti limitano la capacità delle radici delle piante di crescere in nuove zone del suolo per estrarre acqua e sostanze nutritive, riducendo così di molto la quantità di suolo disponibile per la crescita delle colture (Figura 3).

La riduzione dello spazio poroso nel suolo riduce anche la capacità di ritenzione idrica complessiva del suolo, il che significa che è disponibile meno acqua per le piante.



Figura 3. Crescita della radice delle piante di mais (stadio di crescita V5) in terreni compattati a diverse densità apparenti (in ordine da sinistra a destra: 1.17 g/ml ; 1.25 g/ml ; 1.38 g/ml) prima che fossero piantati i semi di mais (Strachan e Jeschke 2017).

Il compattamento riduce la velocità con cui l'acqua si sposta verso il basso attraverso gli strati del suolo (Figura 4). Questo tasso più basso di infiltrazione riduce la percentuale di acqua che dopo un evento piovoso penetra nel terreno, diventando disponibile per l'assorbimento da parte delle piante e aumenta la percentuale di acqua persa per ruscellamento superficiale. Un aumento del ruscellamento superficiale può avere un ulteriore effetto negativo: un maggior rischio di erosione del suolo.



Figura 4. L'acqua, mentre scorre attraverso la struttura del suolo, viene rallentata da uno strato di terreno altamente compattato (delimitato dal rettangolo rosso). L'acqua scorre attraverso il terreno meno compattato più rapidamente e infine raggiunge gli strati al di sotto della zona ad elevato compattamento (Strachan e Jeschke 2017).

Il tasso di infiltrazione ridotto significa anche che, una volta saturi, i terreni compattati sono più lenti da drenare. Questo può influenzare negativamente la crescita del raccolto riducendo la disponibilità di ossigeno necessario per una crescita corretta in prossimità delle radici delle piante. Un drenaggio più lento può anche ridurre la velocità con cui i terreni si riscaldano in primavera e aumentare, dopo un evento piovoso, il tempo necessario perché il terreno si asciughi e torni idoneo alla lavorazione.

Fattori del suolo che influenzano il compattamento:

Umidità del suolo

L'umidità del suolo è il fattore più importante che influenza il rischio di compattamento del suolo (Soane e Van Ouwerkerk, 1994). I terreni più asciutti possono sostenere carichi più pesanti senza essere compattati. I terreni con livelli di umidità pari o superiori alla capacità di campo corrono il maggior rischio di compattamento. L'acqua agisce come un lubrificante tra le particelle del terreno consentendo al terreno di muoversi ed essere pressato insieme. Man mano che i pori vengono riempiti con acqua, aumenta il potenziale di compattamento, fino a un punto massimo indicato come "plastic limit". A livelli di saturazione del suolo superiori a questo punto, il potenziale di compattamento dello strato superficiale diminuisce poiché l'acqua non può essere compressa. Tuttavia, questo comporta che la forza di compattamento venga trasferita direttamente al sottosuolo, aumentandone il rischio di compattamento (Duiker, 2004). Inoltre, il passaggio su terreni molto umidi spesso provoca un danno esteso dello strato superficiale, il che riduce la conduttività idrica e può essere ancora più dannoso per la crescita delle radici delle coltivazioni rispetto al compattamento (Raper and Kirby, 2006).

Tessitura e struttura del suolo

La tessitura del suolo (percentuale di sabbia, limo e argilla in un terreno) ha delle conseguenze sul potenziale compattamento. I terreni composti da particelle di dimensioni uguali hanno un potenziale di compattamento inferiore rispetto ai terreni che hanno particelle di dimensioni variabili. Le particelle più piccole possono riempire gli spazi tra le particelle più grandi, aumentando così la densità del suolo. Un terreno sabbioso argilloso è il più suscettibile al

compattamento, mentre le sabbie pure, le argille e i terreni limosi hanno un potenziale di compattamento inferiore. La tessitura del suolo può anche influenzare il tipo di compattamento che avviene nel terreno. In terreni più grossolani tende a procedere verticalmente verso il basso nel profilo del suolo, mentre nei terreni a struttura più fine il compattamento tende a procedere sia verticalmente sia lateralmente verso l'esterno nel profilo del suolo (Ellies Sch et al., 2000).

Il potenziale di compattamento è anche influenzato dalla struttura del suolo. I processi naturali nel terreno, tra cui bagnatura e asciugatura, congelamento e scongelamento, crescita di batteri, funghi e radici determinano la formazione di aggregati. Gli aggregati sono gruppi di particelle di terreno che si legano più strettamente tra loro rispetto alle particelle adiacenti. L'insieme stabile di questi aggregati è indicato come struttura del suolo. La struttura del suolo fornisce un'importante difesa contro il compattamento del suolo. Senza una buona struttura, le singole particelle del suolo sono più suscettibili al compattamento a causa della pressione esterna. I terreni più ricchi di materia organica generalmente hanno una migliore struttura del terreno e resistono meglio al compattamento rispetto ai terreni poveri di materia organica.

Lavorazione del terreno, azione battente delle piogge e compattamento sono i meccanismi principali attraverso cui gli aggregati del suolo vengono distrutti. Le operazioni di lavorazione del terreno che combinano l'azione di taglio con una notevole pressione verso il basso producono il danno maggiore alla struttura del suolo a causa della distruzione degli aggregati del terreno e della tendenza a formare, al di sotto dello strato lavorato dell'aratro, uno strato di terreno che ha una densità apparente più elevata e una porosità totale inferiore rispetto al terreno direttamente sopra o sotto di esso (suola di lavorazione). Il compattamento causato da macchinari pesanti può essere sia una causa che una conseguenza di una struttura del suolo insufficiente. Il compattamento può causare la disgregazione della struttura granulare dello strato superficiale e la sua trasformazione in struttura a blocchi o a lastra.

Tipologie di compattamento del suolo:

Le tipologie di compattamento del suolo che possono verificarsi nella produzione agricola, influenzando negativamente la crescita e la resa della coltura

sono numerose. Alcune forme di compattamento, come la crosta superficiale e il compattamento delle pareti laterali, possono in alcuni casi ridurre significativamente la resa, ma sono solitamente meno preoccupanti, poiché il compattamento in genere non persiste a lungo nel terreno ed esistono varie soluzioni per prevenire o mitigare i loro effetti. Altre forme di compattamento, come gli strati induriti causati dalle operazioni di lavorazione (suole di lavorazione) e il compattamento del sottosuolo, possono persistere per anni e sono molto più difficili da risolvere..

Crosta superficiale:

La crosta superficiale è una forma di compattamento del suolo che riduce la germinazione dei semi e il grado di infiltrazione dell'acqua. Può essere causato dall'azione battente delle piogge sulle particelle dello strato superficiale del suolo. Il forte impatto delle gocce fa sì che le particelle del terreno si separino le une dalle altre. L'essiccazione rapida del terreno aumenta il rischio di formazione di croste superficiali. I terreni con maggiore materia organica o contenuto di sabbia hanno un rischio inferiore di formazione di croste. I sistemi a lavorazione ridotta o a non lavorazione presentano generalmente un rischio di formazione di croste superficiali minore, a causa della migliore struttura del suolo e di una maggiore quantità di residui colturali sulla superficie del suolo. Gli erpici rotanti possono essere utilizzati per rompere le croste e migliorare la crescita e l'emergenza della coltura.

Compattamento delle pareti laterali:

Il compattamento delle pareti laterali è tipicamente causato dalla semina in terreni che sono troppo bagnati e/o dall'applicazione di troppa pressione sulle unità di fila. L'azione su terreni bagnati dei dischi di taglio, che durante la semina aprono il suolo, può causare, dopo la semina, l'indurimento delle pareti laterali del solco di semina (Figura 6). Il risultato può essere una scarsa crescita della coltura e uno scarso sviluppo delle radici dal solco di semina. Le conseguenze dello scarso sviluppo delle radici possono essere amplificate se le condizioni diventano più secche e la coltura deve affrontare una siccità più avanti nella stagione. Un sostanzioso compattamento delle pareti laterali ha ridotto la resa di mais del 50% in una dimostrazione della University of Kentucky (Lee, 2011). L'uso di ruote "spiked

closing" può aiutare a ridurre il compattamento delle pareti laterali lavorando il terreno attorno al seme e rompendo la parete laterale creata nel solco, ma è improbabile che ciò elimini completamente i suoi effetti.



Figura 6. Sinistra: compattamento della parete laterale del solco di semina dovuto ai doppi dischi di apertura che hanno aperto il solco in condizione di terreno bagnato. Destra: radici di mais che mostrano le conseguenze del compattamento della parete laterale dovuto a condizioni di terreno bagnato durante la semina.

Compattamento dello strato superficiale

Il compattamento dello strato superficiale avviene dalla superficie del terreno verso il basso attraverso lo strato di lavorazione. Questo tipo di compattamento è in genere causato da transito su ruote o transito di animali. Gli effetti del compattamento dello strato superficiale sulle coltivazioni possono variare a seconda delle condizioni meteorologiche e sono generalmente peggiori durante le stagioni di crescita umide. Il compattamento dello strato superficiale è solitamente temporaneo e può essere parzialmente compensato con una normale lavorazione del terreno. Anche i processi naturali, come cicli di congelamento-scongelo, cicli bagnato-asciutto, attività microbica e crescita delle radici delle piante, tenderanno ad alleviare il compattamento dello strato superficiale nel tempo e a ristabilire la struttura del suolo.

Suola di lavorazione

Una suola di lavorazione è uno strato di sottosuolo compattato, spesso soli pochi centimetri, proprio al di sotto della normale zona di lavorazione. Questo tipo di compattamento è causato da lavorazioni ripetute alla stessa profondità, soprattutto con attrezzi per la lavorazione del terreno che aprono e comprimono il terreno nella parte inferiore dello strato lavorato, come dischi, aratri a versoio e macchinari con movimenti a spazzata. Una lavorazione profonda può aiutare a

rompere le suole di lavorazione in alcuni casi, ma può anche peggiorare il problema se il terreno è troppo umido o viene immediatamente ricompattato.

Compattamento profondo

Il compattamento profondo si trova al di sotto della zona di lavorazione del terreno ed è causato da carichi assiali eccessivi applicati al terreno. I macchinari per il raccolto, come rimorchi per cereali e mietitrebbie, hanno carichi assiali elevati e il più delle volte sono i maggiori contributori al compattamento profondo. Carichi pesanti possono compattare il terreno fino a più di 60 centimetri di profondità nel suolo. Il compattamento profondo è il più difficile da eliminare e può influenzare negativamente la crescita e la resa dei raccolti per anni dopo che il compattamento è avvenuto, quindi la prevenzione è importante.

Rivelazione e misurazione del compattamento

Sintomi nella coltura

Il compattamento del suolo può causare una crescita deformata delle radici, comprese radici tozze, piatte, sottili o contorte. Le radici che crescono in una suola di lavorazione possono crescere orizzontalmente piuttosto che verticalmente e presenteranno un sistema di radici piatto e poco profondo. La crescita della pianta al di fuori del terreno è direttamente correlata alla crescita sotterranea delle radici. Se la crescita delle radici viene compromessa, la crescita al di fuori sarà probabilmente scarsa.

In questi casi è consigliabile cercare segni specifici o determinate aree nel campo, come i solchi delle ruote, in particolare le tracce lasciate dalle ruote associate a carichi molto pesanti, quali mietitrebbie, rimorchi per la raccolta di cereali o botti per lo spandimento dei reflui (Figura 7). In alcuni casi, un segno specifico può non essere visibile. Questo può avvenire a causa di passaggi ripetuti con i macchinari di lavorazione sulla stessa area, passaggi ripetuti che, nel tempo, hanno un effetto additivo sulle aree all'interno del campo.

Lo stress da carenze di nutrienti sulle colture può essere un altro segno di compattamento. Dal momento che le radici sono la fonte dei nutrienti del suolo per la coltura, la restrizione delle radici può ridurre l'assunzione dei nutrienti del terreno. Carenze di fosforo, potassio e azoto possono essere sintomi

secondari di compattamento del suolo.



Figura 7. Campo di mais con crescita irregolare dovuta al compattamento nei solchi di passaggio delle ruote.

Carenza di infiltrazione d'acqua

Acqua stagnante o eccessiva erosione idrica possono essere causate dal compattamento del suolo. Il compattamento riduce lo spazio poroso all'interno del suolo, perciò l'acqua non viene più assorbita nel terreno facilmente. L'aumento della richiesta di potenza per la lavorazione del campo può essere anch'essa un segno di compattamento. Se durante la lavorazione del terreno si notano certe aree del campo in cui il trattore incontra più resistenza, questo può essere un segnale di un'area compattata.

Quantificare il compattamento del suolo

Compattamento della parete laterale, crosta superficiale e compattamento da suola di lavorazione sono le tipologie più facili da individuare con una pala o un altro tipo di attrezzo per scavare. Il compattamento profondo del suolo è più difficile da constatare poiché si trova più in profondità nel terreno.

I penetrometri con punta a forma di cono rovesciato possono essere utilizzati per localizzare il compattamento (Figura 8). Essi hanno tuttavia dei limiti. La resistenza alla penetrazione è in funzione della densità del suolo e del contenuto di umidità. È necessario confrontare suoli compattati e non compattati con uguale umidità e tessitura. Pertanto, non esiste un valore numerico specifico di resistenza (psi) che identifichi il compattamento. Bisogna valutare i valori comparativi (Duiker, 2002). Anche le costanti di spinta devono essere prese in considerazione per fornire letture accurate. I penetrometri azionati da un motore, che penetrano nel terreno a una velocità fissa, forniscono letture più accurate.



Figura 8. Misurazione del compattamento del suolo con un penetrometro.

Le sonde per l'analisi del suolo sono un altro strumento utile. Sono sensibili al contenuto di umidità e alla densità del suolo. Un terreno più secco sarà percepito dalla sonda come se fosse più duro rispetto ad un terreno umido; le argille risultano più dure dei terreni limosi, per esempio. Le sonde possono essere utilizzate efficacemente per monitorare le differenze nel profilo di umidità del suolo. Se la prima spanna del suolo è estremamente secca, ma la seconda spanna in ordine di profondità è molto umida, questo potrebbe suggerire che le radici della coltura non stiano penetrando nella porzione più profonda, probabilmente a causa del compattamento. Il miglior modo per valutare il compattamento consiste nell'osservare le modalità di crescita delle radici nel profilo del suolo. Per far ciò si usa una vanga o una pala e si scavano buche o fossati appena accanto alla coltivazione.

Bibliografia

- Brady, N. C. 1990. The nature and properties of soils, 10 th ed. pp. 91-152. MacMillan Publishing Co., New York.
- Duiker, S. 2002. Diagnosing Soil Compaction Using a Penetrometer (soil compaction tester). Penn State Univ. Ext. https://extension.psu.edu/downloadable/download/sample/sample_id/586/
- Duiker, S. 2004. Avoiding Soil Compaction. Penn State Univ. Ext. <https://extension.psu.edu/avoiding-soil-compaction>
- Ellies Sch, A., R.R. Smith, F.J. Jose Dornier, and T.A. Proschle. 2000. Effect of moisture and transit frequency on stress distribution on different soils. *Agro Sur*. 28:60-68.
- Lee, C. 2011. Sidewall Compaction Early Hurts Yields Late. University of Kentucky Extension. Grain Crops Update August 16, 2011. <https://graincrops.blogspot.com/2011/08/sidewall-compaction-early-hurts-yields.html>
- Raper, R.L., and J.M. Kirby. 2006. Soil Compaction: How to Do It, Undo It, or Avoid Doing It. ASAE Distinguished Lecture #30, pp. 1-14. Agricultural Equipment Technology Conference. ASABE Publication Number 913C0106.
- Soane, B.D., and Van Ouwerkerk, C. (Eds.), 1994. Soil Compaction in Crop Production, Developments in Agricultural Engineering Series, vol. 11. Elsevier Science, Amsterdam, The Netherlands, pp. 662.
- Strachan, S.D., and M. Jeschke. 2017. Water Retention and Nutrient Availability in Soil: Drainage and Compaction. *Pioneer Crop Insights*, Vol. 27, No. 11. <https://www.pioneer.com/home/site/us/agronomy/soil-water-retention-nutrient-availability/>
- USDA-NRCS. 2008. Soil Quality Indicators – Bulk Density. https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nr_cs142p2_053256.pdf
- Wolkowski, R. 2010. Addressing the Soil Compaction Problem. University of Wisc. Extension. http://www.soils.wisc.edu/extension/materials/Diagnosing_Compaction.pdf