

## CONSIDERAZIONI SULL'INVESTIMENTO DI SEMINA DELLA SOIA

- La resa della soia è generalmente meno sensibile alla densità delle piante rispetto ad altre colture come il mais; tuttavia, stabilire un investimento adeguato è ancora importante per massimizzare la resa.
- L'investimento medio alla semina negli Stati Uniti hanno registrato una tendenza al ribasso negli ultimi anni per una serie di motivi, tra cui i progressi nei trattamenti delle sementi e una migliore tecnologia di semina.
- Un'analisi di oltre 200 studi sulla densità di semina della soia negli Stati Uniti e Canada hanno dimostrato che i valori ottimali erano maggiori in ambienti più settentrionali e meno produttivi.
- La densità di semina della soia dovrebbe essere abbastanza alta per ottenere un numero minimo di piante in caso di condizioni non ideali di emergenza che possono ridurre l'investimento.
- Un grande sviluppo di biomassa da parte della soia può aiutare a sopprimere le erbe infestanti; un beneficio che potrebbe essere più importante considerando la progressiva resistenza agli erbicidi delle malerbe.
- Diversi fattori aggiuntivi vanno considerati nella scelta delle densità di semina della soia campo per campo, compreso il tipo di suolo, la data di semina e le condizioni del letto di semina.

### Decisioni sulla densità di semina

L'investimento di semina è una decisione che i produttori devono prendere ogni anno ed è importante per massimizzare il potenziale produttivo della coltura. In generale, l'obiettivo è seminare a densità sufficiente per massimizzare la cattura della luce e la resa potenziale ma evitare di utilizzare più semi del necessario, cosa che comporterebbe un costo aggiuntivo e potrebbe potenzialmente avere un effetto

negativo sulla coltura a causa dell'aumento della competizione tra le piante per le risorse. Le densità di semina sono spesso orientate a raggiungere risultati agronomici ed economici ottimali. Il valore agronomicamente ottimale è la densità minima necessaria per massimizzare il potenziale di resa. Quella economicamente ottimale è la quantità di seme a cui il rendimento economico è massimizzato. L'ottimo economico è sempre leggermente inferiore all'optimum agronomico e varia a seconda del costo del seme e del prezzo della coltura.



I semi di soia sono generalmente meno influenzati dalla densità di semina rispetto ad altre specie coltivate come il mais, grazie all'intrinseca adattabilità della pianta. La capacità delle piante di soia di aumentare le loro ramificazioni laterali in ambienti a bassa densità, consentono loro di compensare un eventuale cattivo investimento. Le coltivazioni di soia generalmente subiscono anche un certo grado di competizione naturale delle piante durante la stagione di crescita, che riduce notevolmente, grazie ad autocompensazione naturale, qualsiasi potenziale rischio di riduzione della resa e delle prestazioni agronomiche associate ad alta densità vegetale. Storicamente, la sensibilità relativamente bassa della soia alla densità di semina,

unita al basso costo del seme fa sì che l'ottimizzazione dell'investimento nella soia non sia particolarmente critica. Di conseguenza, le pratiche relative alla densità di semina variano notevolmente a seconda degli ambienti e delle pratiche agronomiche. Aumentare l'investimento alla semina in ambienti più stressanti fornisce un'assicurazione economica contro il mancato investimento. Densità di semina superiori a 500.000 semi/ettaro non erano rari per i semi di soia piantati con una seminatrice nei sistemi no-till.

Una serie di fattori negli ultimi anni ha ridotto la necessità di densità di semina elevate per evitare uno scarso sviluppo, così come è aumentato l'incentivo a portare l'investimento a livelli più in linea con gli ottimi economici. Di conseguenza, nella media, le densità di semina per la soia sono costantemente diminuite nell'arco di un paio di decenni e sono diventate più uniformi in tutte le aree geografiche.

Poiché le densità di semina sono diminuite, il rischio di una resa ridotta associata a uno scarso investimento è diventato sempre più un problema. Allo stesso tempo, recenti ricerche hanno mostrato il vantaggio sulla resa della semina precoce della soia (Van Roekel, 2019); nel realizzarla l'importante è garantire un adeguato investimento all'inizio della semina, soprattutto in condizioni di inizio stagione più stressanti, ed evitare la necessità di risemina.



## Trend sulla densità di semina della soia

I semi di soia differiscono dal mais in maniera importante per quanto riguarda la risposta alla densità di semina e le tendenze nelle pratiche degli agricoltori nel tempo. Le densità di semina nel mais sono costantemente aumentate nel tempo, con valori agronomici ottimali che sono aumentati da circa 74.000 piante/ha di 35 anni fa, alle oltre 91.000 piante/ha di oggi (Assefa *et al.*, 2018). La maggiore densità delle piante è stata nel mais il motore principale dell'aumento della resa nel tempo, poiché la genetica ha migliorato la tolleranza allo stress e la capacità delle piante di produrre spighe consistenti a quote più elevate di densità di piante.

I semi di soia, tuttavia, non hanno lo stesso grado di correlazione tra densità di impianto e resa. Storicamente i semi di soia erano spesso seminati a investimenti ben oltre 500.000 semi/ha.

Tuttavia, dall'inizio del secolo in corso, le densità di semina sono costantemente diminuite ad una media di circa 360.000 semi/ha nel 2022 (Corteva Agriscience Grower Survey) anche se i raccolti di soia hanno continuato ad aumentare. Ci sono diversi fattori che hanno contribuito a queste tendenze divergenti:

**Miglioramento genetico per una maggiore resa per pianta:** la ricerca sul progresso genetico nella soia ha dimostrato che le nuove varietà hanno una maggiore capacità di compensare la bassa densità delle piante producendo di più resa sulle ramificazioni delle piante (Suhre *et al.*, 2014). Questo ha ridotto il rischio di penalizzazione delle rese associato a impianti con densità non ottimali.

**Costo del seme più elevato:** il costo dei semi di soia per ettaro è quasi raddoppiato dal 1997 (tenendo conto dell'inflazione) con l'aumento del potenziale di resa e dei caratteri di tolleranza agli erbicidi delle varietà moderne (USDA-ERS, 2023). Questo costo più elevato ha creato un incentivo in più per ottimizzare le densità di semina della soia per il ritorno economico.

**Precisione di semina migliorata:** storicamente, una parte consistente di ettari di soia sono stati seminati con seminatrici meccaniche da grano che hanno portato la densità di semina a valori più elevati, necessari per compensare la precisione relativamente bassa della deposizione dei semi. Tuttavia, la tendenza a non seminare più la soia con seminatrici da grano a favore delle seminatrici a file, ha migliorato la precisione dell'investimento e ha ridotto questa necessità (Jeschke e Lutt, 2016)

**Adozione di trattamenti in concia:** i progressi nel trattamento delle sementi e la loro diffusa adozione da parte dei coltivatori ha aumentato la tenuta dei semi di soia a condizioni stressanti dopo la semina, riducendo la necessità di utilizzare densità di semina più elevate per proteggersi dal mancato investimento. Studi sul campo di Pioneer condotti nei primi anni 2000 hanno dimostrato che i trattamenti fungicidi e insetticidi delle sementi migliorano l'investimento della soia in semina precoce rispetto alle sementi non trattate e riducono la densità di semina economicamente ottimale in media del 5% con semina normale, e del 14% con semine precoci (Trybom *et al.*, 2009; Trybom, 2009).

**Caratteri di tolleranza agli erbicidi:** l'adozione diffusa di varietà di soia con caratteri di tolleranza agli erbicidi a partire dagli anni '90, ha consentito un controllo post-emergenza più efficace delle infestanti, riducendo la necessità di affidarsi a una maggiore densità dei semi come strumento colturale per sopprimere la crescita delle erbe infestanti.

### **Impatto dell'ambiente**

Un'altra importante differenza tra mais e soia nella risposta alla densità di semina è l'effetto delle potenzialità dell'ambiente colturale sull'optimum di densità. La densità ottimale delle piante per il mais generalmente aumenta con l'aumentare della produttività. Recentemente la ricerca di Corteva Agriscience sulla popolazione vegetale, ha dimostrato che l'ottimo economico della densità di semina è aumentato da circa

74.000 semi/ha con un livello di resa di 94,5 Q.li/ha a circa 91.000 semi/ha con un livello di resa di 151,2 Q.li/ha (Jeschke, 2019). La ricerca sulla soia, tuttavia, ha mostrato la tendenza opposta. Una recente analisi di più di 200 studi sulla densità di semina della soia negli Stati Uniti e in Canada, ha dimostrato che i produttori di soia dovrebbero aumentare l'investimento nelle aree a bassa produttività e diminuirlo nelle aree a più alta produttività (Gaspar, 2019)



Un'ipotesi sul motivo per cui questa relazione è stata osservata, è che le aree a bassa produttività hanno un investimento iniziale inferiore e/o un maggiore depauperamento degli impianti nel corso della stagione di crescita, con conseguente calo del raccolto. Tuttavia, la ricerca ha rilevato che l'adozione di un investimento non è generalmente influenzato dal livello di resa, indipendentemente dalla posizione geografica negli Stati Uniti. Allo stesso modo, la competizione delle piante durante la stagione di crescita non sembra differire a seconda del livello di resa (Gaspar, 2019). La necessità di densità di semina della soia più elevate a fronte di una produttività inferiore di alcuni ambienti, è dovuto principalmente alle limitazioni del tasso di crescita delle piante e delle ramificazioni. La crescita delle piante può essere limitata a causa di molti fattori, quali precipitazioni, capacità di ritenzione idrica del suolo, apporto di nutrienti, profondità di radicazione, ecc. Questi fattori, più comunemente limitanti in aree a bassa produttività, possono ridurre la capacità della pianta di soia nel massimizzare l'intercettazione

della luce per tutta la stagione. L'aumento della densità delle piante è quindi necessario per massimizzare l'intercettazione della luce e la resa in questi ambienti a bassa produttività.

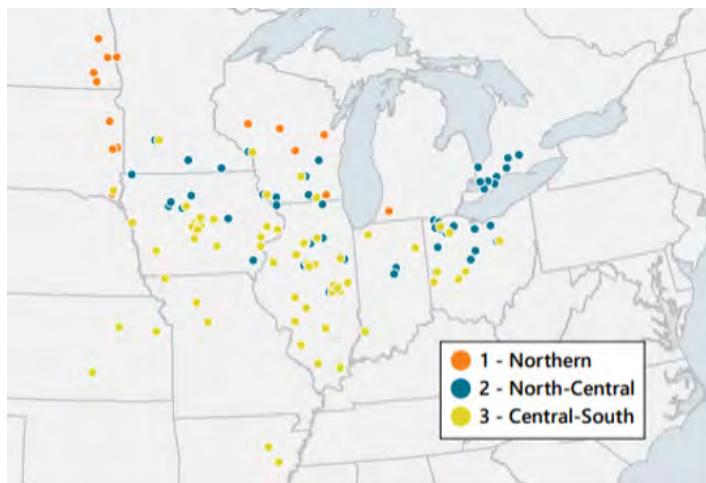
### Ricerca della densità di semina della soia

Nella soia, la risposta della resa all'investimento di semina è stata studiata in numerosi esperimenti sul campo nel corso degli anni. I risultati di questi studi sono stati spesso molto diversi. Alcuni studi hanno stabilito che 247.000 piante/ha alla raccolta sono necessarie per massimizzare l'intercettazione della luce e quindi la resa (Gaspar e Conley, 2015; Lee *et al.*, 2008) mentre altri studi hanno mostrato densità di semina economicamente ottimali che vanno da 235.000 a 321.000 semi/ha (Gaspar *et al.*, 2017).

Tuttavia, questi studi sono stati spesso condotti in campi molto uniformi, ben drenati e altamente produttivi. Altri studi sul campo condotti in ambienti più stressanti hanno suggerito densità di semina fino a 600.000 piante/ha necessari per massimizzare la resa della soia (Holshouser e Whittaker, 2002). Pertanto, sembra esserci un ampio range agronomico sulle densità economicamente ottimali di semina e popolazione che dipendono dai costi del seme, dai prezzi di mercato, dall'uso del trattamento delle sementi e, la più importante, dalla produttività intrinseca dell'ambiente.

Un recente studio di Gaspar *et al.* (2020) ha riunito i dati di un gran numero di studi effettuati in campo sulla densità di semina della soia per quantificare la produzione associata alla risposta della resa della soia in base all'investimento e alla densità delle piante di una vasta gamma di ambienti del Nord America. I dati sulla densità di semina della soia e sulla resa sono stati compilati da 211 esperimenti sul campo condotti in 12 stati USA e Ontario, dal 2005 al 2017. L'analisi di Cluster è stata utilizzata per raggruppare gli studi sul campo in ambienti di coltivazione simili sulla base delle coordinate GPS, delle caratteristiche del suolo e variabili meteorologiche.

Questa analisi ha raggruppato i luoghi di ricerca in tre gruppi con netta separazione di latitudine, con un gruppo costituito da località settentrionali del Corn Belt, uno che copriva molte delle località centrali del Corn Belt e del sud, e una tra i due che parzialmente sovrapponeva entrambi (Figura 1).

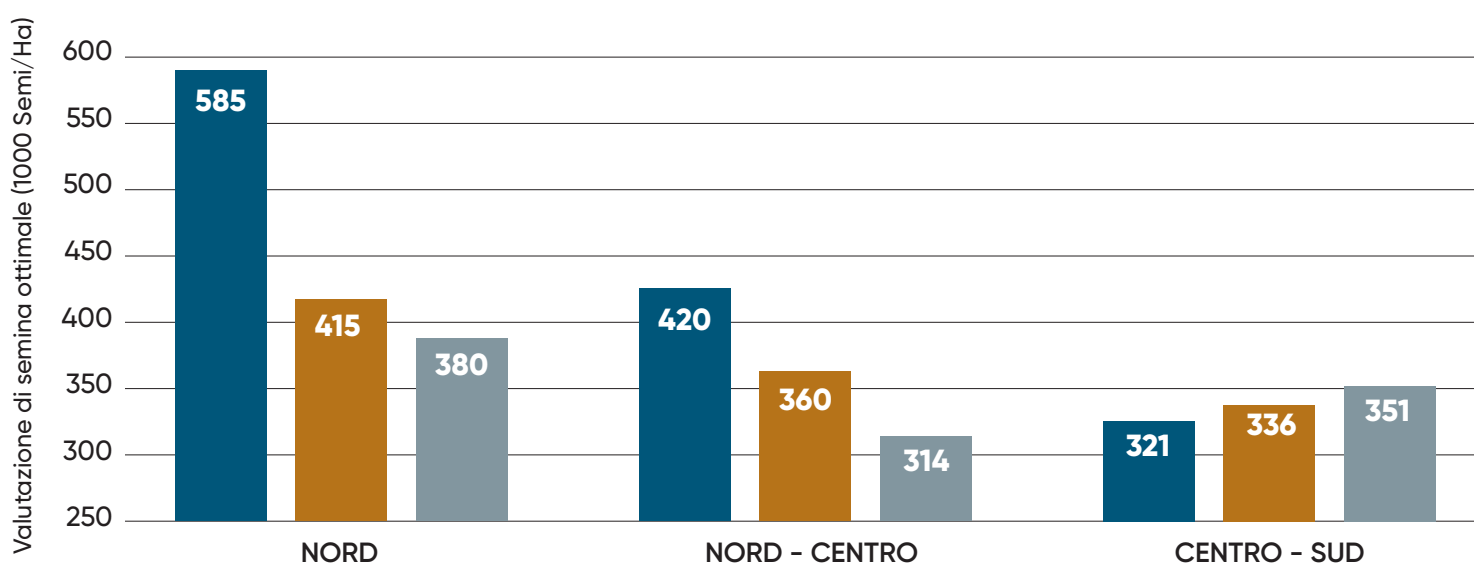


**Figura 1:** localizzazione dei 211 siti annuali di prova e gruppi ambientali degli esperimenti sul rateo di semina della soia analizzati da Gaspar *et al.* (2020).

Le località all'interno di ciascun gruppo sono state ulteriormente suddivise in basso, medio e alto rendimento, composti rispettivamente dal 30% più basso, il 30-70% medio e il 30% superiore (Tabella 1).

**Tabella 1:** produzioni medie di soia per alta, media e bassa resa raggruppate per gruppo ambientale di prove sulla densità di semina della soia analizzati da Gaspar *et al.* (2020).

Zona	Resa Q.li/Ha		
	Alta	Medio	Bassa
Nord	54,7	45,3	30,9
Nord-Centro	55,1	45,6	36,4
Centro -Sud	54,9	47,1	36,9



**Figura 2:** densità di semina agronomicamente ottimali per siti di prova a bassa, media e alta resa nelle zone settentrionali, centro-settentrionali e centro-meridionali Gaspar *et al.* (2020).

Sebbene i raggruppamenti a livello di resa coprissero un'ampia gamma di produzioni in tutti e tre i gruppi ambientali, tutti rientrano in un livello di resa relativamente alto, a riprova del fatto che gli studi sul campo tendono a essere condotti in ambienti ad alta produttività. Ad esempio, le rese medie per il gruppo basso, medio e alta produzione, del gruppo "settentrionale" sono rispettivamente 30,9 e 54,7 Q.li/ha. La resa media dei semi di soia riportata da USDA-NASS per gli stati rappresentati in questo gruppo negli anni del periodo di studio è stata di soli 26,8 Q.li/ha.

Le densità di semina agronomicamente ottimali variavano tra i gruppi ambientali e i raggruppamenti a livello di resa (Figura 2).

Le densità ottimali di semina tendono ad essere maggiori negli ambienti più settentrionali, così come le differenze tra i livelli di resa. I gruppi settentrionali e centro-settentrionali riflettevano i risultati dei precedenti studi di ricerca che mostrano densità di semina ottimali per la soia coltivata aumentare in ambienti a basso rendimento. Il gruppo "Centro-Sud", tuttavia, non ha mostrato questa stessa tendenza.

La densità di semina ottimale dei semi di soia in questo gruppo è aumentato con il livello di resa ma solo leggermente, con solo 29.600 semi/ha che separano il livello basso da quello massimo.

La differenza nelle tendenze del livello di resa tra il gruppo Nord e centro-nord e quello centro-sud, può essere attribuita al ruolo della densità delle piante nella massimizzazione della cattura della luce. La resa della soia è linearmente correlata alla quantità cumulativa di luce catturata durante le fasi di crescita da R1 a R5 (Van Roekel e Purcell, 2016), una relazione che è più forte negli ambienti più settentrionali, dove la radiazione fotosinteticamente attiva stagionale limita maggiormente la resa. In ambienti a basso rendimento, dove il tasso di crescita delle piante è più limitato, una maggiore densità delle piante sarebbe più importante per massimizzare la cattura della luce nelle località settentrionali.

## Considerazioni sulla densità di semina

### Densità di semina vs investimento finale

Una considerazione importante nelle decisioni sulla densità di semina della soia è il fatto che la densità delle piante di un investimento a fine stagione, sarà spesso notevolmente inferiore al numero di semi seminati nel terreno. I semi di soia subiscono naturalmente una certa quantità di

competizione tra le piante durante la stagione di crescita; quindi, il numero di piante per ettaro a fine della stagione non sarà uguale al numero di piante che emergono. Questo è importante quando si considera un investimento minimo. Il tasso di competizione aumenta con la densità vegetale. La ricerca ha scoperto che i tassi di perdita dal 10 al 20% sono tipici con le attuali densità di semina. Supponendo un 15% di tasso di perdita, un investimento iniziale di 300.000 piante/ha a V2 passerebbe a un investimento finale di 252.000 piante/ha.

Devono essere presi in considerazione anche i tassi di germinazione e di emergenza, poiché non tutti i semi piantati germineranno e non tutti di quelli che germinano emergeranno con successo. I moderni trattamenti sui semi di soia hanno migliorato i valori dell'investimento nel proteggere le piantine germinanti ed emergenti dal suolo dai patogeni.

Tuttavia, fattori abiotici come la crosta del suolo, i residui colturali e il raffreddamento del terreno possono ancora influire sulla quota di emergenza.

La Figura 3 mostra uno scenario in cui le condizioni meteorologiche post-semine hanno avuto un impatto sull'investimento di soia al Centro di ricerca Corteva Agriscience a Johnston, IA.

Il campo ha subito forti piogge dopo la semina seguite da un brusco cambiamento a condizioni calde e secche, con conseguente formazione di croste nel suolo. Con la presenza di crosta, molte piantine di soia emerse in seguito non sono state in grado di far staccare i loro cotiledoni dal terreno con conseguente rottura dell'ipocotile.

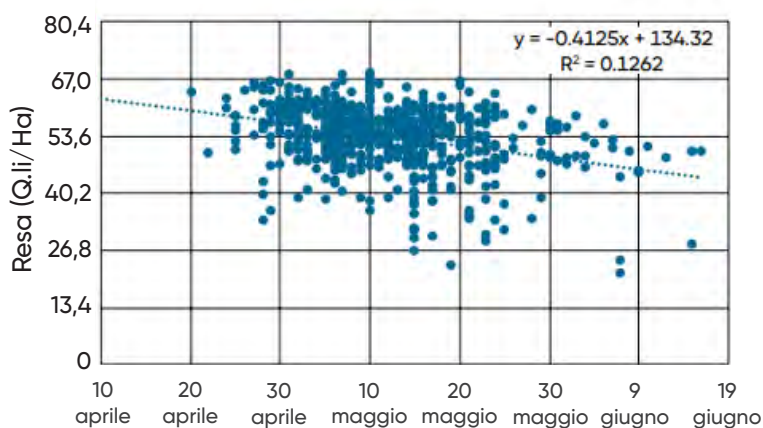
La perdita di investimento è stata di circa il 10%. La densità di semina in questo campo era di 346.000 semi/ha. Supponendo una germinazione del 90% e un tasso del 10% di perdita per competizione tra le piante durante la stagione, la perdita probabilmente ha ridotto l'investimento finale in questo campo a poco più di 250.000 piante/ettaro.



**Figura 3:** semi di soia durante l'emergenza in terreno asciutto e con crosta presso il Johnston Field Research Center nel 2018, che mostra alcune piantine spezzate durante il processo di emergenza.

	<b>Investimento normale</b>	<b>Investimento ridotto</b>
<b>semina</b>	<b>346.000</b>	<b>346.000</b>
<i>germinazione</i>	90%	90%
<b>germinati</b>	<b>311.000</b>	<b>311.000</b>
<i>emergenza</i>	<b>100%</b>	<b>90%</b>
<b>emersi</b>	<b>311.000</b>	<b>280.000</b>
<i>perdita</i>	10%	10%
<b>Inv. finale</b>	<b>280.000</b>	<b>252.000</b>

La densità di semina della soia dovrebbe essere abbastanza alta da fornirne una possibile riserva di piante contro condizioni non ideali all'emergenza. Investimenti troppo bassi possono aumentare il rischio di risemina se qualcosa non dovesse andare nel verso giusto. Riseminare la soia può significare perdere parte della resa potenziale di una semina tempestiva. Dati recenti suggeriscono che le più recenti 5 varietà di soia hanno una risposta produttiva maggiore con semina precoce (Propheter e Jeschke, 2017; Van Roekel, 2019), rendendo la semina tempestiva importante per massimizzare il potenziale di resa (Figura 4). La semina precoce consente alla soia di sfruttare maggiormente la durata del giorno durante la metà dell'estate e può prolungare la durata della fase riproduttiva (Parker *et al.*, 2016).



**Figura 4:** resa di soia per data di semina da quattro anni di prove in azienda in Nebraska e Kansas (Propheter e Jeschke, 2017).

### Management delle malerbe

La gestione delle infestanti sta diventando una considerazione importante per la precocità di semina della soia e le decisioni sulla spaziatura delle file in alcuni casi.

La capacità della soia di contrastare la crescita delle erbe infestanti con la chiusura dell'interfila tramite l'accrescimento della sua biomassa favorendo la ridotta trasmissione della luce alla superficie del suolo, è storicamente una considerazione importante sia per la data di semina che per la distanza tra le file. Più stretta

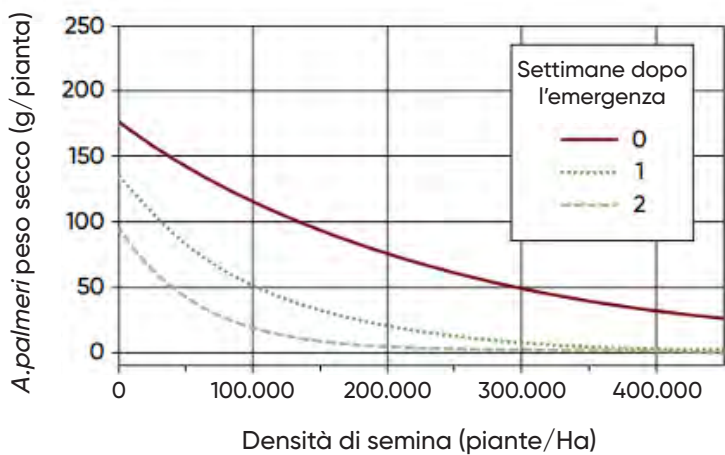
è l'interfila più veloce sarà la sua chiusura e maggiore la capacità di contrasto verso le erbe infestanti. L'avvento delle tecnologie di resistenza agli erbicidi, iniziando dalla soia resistente al glifosato a metà degli anni '90, ha migliorato il controllo post-emergenza delle infestanti e ridotto la bisogno di fare affidamento su pratiche colturali per gestire le popolazioni di erbe infestanti.

Tuttavia, con l'evoluzione e la diffusione di popolazioni resistenti al glifosato di molte specie infestanti negli anni successivi si è ridotta l'efficacia del controllo chimico delle infestanti e ha riportato in primo piano le pratiche colturali come tattiche importanti da prendere in considerazione nella gestione delle erbe infestanti.

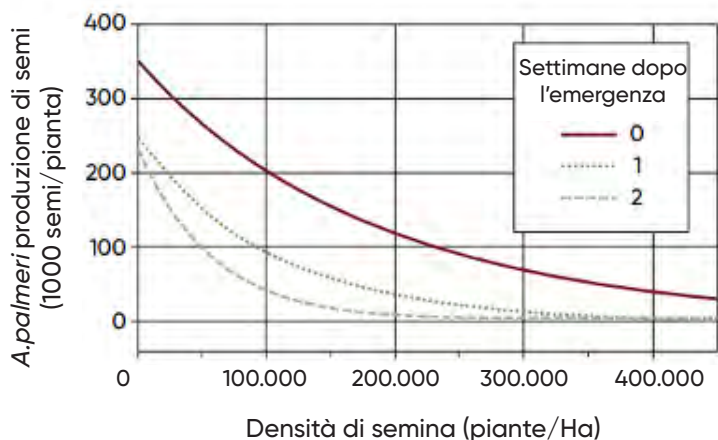


Uno studio di ricerca sul campo sugli effetti della densità delle piante di soia sulla crescita di Amarantho palmato (*Amaranthus palmeri*) ha mostrato che la densità delle piante può avere un effetto importante sulla crescita delle erbe infestanti e produzione di seme. Lo studio ha rilevato che sia la biomassa (Figura 5) che la produzione di semi (Figura 6) di Amarantho palmato è aumentata con la diminuzione della densità della soia.

L'impatto della densità delle piante di soia era maggiore quanto prima emergevano le piante di Amarantho rispetto al raccolto.



**Figura 5:** effetto della densità di semina della soia e del tempo di comparsa dell'Amaranto rispetto alla coltura sul peso secco dell'amaranto Palmer per pianta al momento del raccolto (Korres *et al.*, 2020).



**Figura 6:** effetto della densità della soia e dei tempi di comparsa dell'Amaranto palmato e della produzione di semi di amaranto per pianta al momento del raccolto (Korres *et al.*, 2020).

### Considerazioni aggiuntive sull'investimento della semina di soia.

La regione geografica e il livello di resa sono i due più importanti fattori da considerare nella decisione della densità di semina della soia. Tuttavia, molti altri fattori possono essere importanti e vanno considerati nella scelta di un investimento di semina più alto o più basso:

- **Tipo di suolo:** i terreni con un alto contenuto di argilla sono molto più suscettibili a produrre crosta e limitare l'emergenza della soia e possono favorire le malattie delle piantine nelle condizioni umide;
- **Data di semina:** la semina precoce di solito significa temperature più basse, suoli più umidi, emergenza più lenta e investimenti ridotti. Semi di soia seminati molto tardi, compreso il secondo raccolto, richiedono densità più elevate perché sono destinate a essere più basse e produrre meno baccelli per pianta;
- **Lavorazioni/residuo e copertura/condizioni dell'impianto:** la non lavorazione fornisce un ambiente meno ospitale per l'emergenza della soia a causa di suoli più freddi, più residui, e possibili problemi di posizionamento del seme/contatto con il suolo. I terreni zollosi possono anche ridurre il contatto seme-terreno;
- **Seminatrice:** l'introduzione delle seminatrici di precisione ha portato a una migliore precisione di semina e un migliore posizionamento del seme garantendo un maggior numero di piante e una migliore uniformità nell'investimento. Le seminatrici meccaniche potrebbero richiedere densità di semina più elevate per raggiungere lo stesso livello di investimento;
- **Rischio di malattie delle piantine:** alcune regioni hanno un rischio più alto di malattia della piantina a causa del tipo di suolo, delle condizioni meteorologiche, e diffusione della specie patogena. Le densità di semina più elevate sono necessarie per ottenere l'investimento desiderato in aree o campi storicamente a più alto rischio di malattia;
- **Rischio di clorosi da carenza di ferro:** recenti studi di ricerca hanno mostrato che alte densità di semina riducono i sintomi di clorosi;
- **Rischio da oidio:** in campi con un valore storicamente elevato di rischio di oidio, densità di semina molto elevate non sono consigliate.