

## Indice

	Introduzione generale	7
Capitolo I	La coltivazione della quinoa ( <i>Chenopodium quinoa</i> Willd.)	13
Capitolo II	Prove di adattamento della quinoa ( <i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) in Pianura Padana nel triennio 2014-2016	79
Capitolo III	Risposta produttiva della quinoa ( <i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) alla fertilizzazione azotata in Pianura Padana.	125
Capitolo IV	Esperienze di coltivazione della quinoa ( <i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) nella regione di Boyacá (Colombia).	147



# Introduzione Generale

## Motivazione della Ricerca

Il cambiamento climatico è attualmente riconosciuto come una delle più serie sfide ambientali, sociali ed economiche che il mondo si trova ad affrontare. Tra i diversi settori produttivi, quello agricolo è uno dei più esposti e dei più vulnerabili.

Come conseguenze del cambiamento climatico in Europa si prevedono vari effetti vegetativi, di entità diversa in funzione delle aree territoriali: incremento di salinità del suolo, aumento dell'erosione, calo della disponibilità di acqua, riduzione della produttività delle colture e condizione climatiche estreme (**Pachauri e Reisinger, 2007**). Per affrontare il problema, è necessaria una maggiore flessibilità dell'attività agricola, che deve poter contare su una più ampia gamma di colture e un miglioramento delle pratiche agricole.

Cresce, dunque, la necessità di introdurre nel tradizionale piano di avvicendamento colturale una serie di colture che si contraddistinguono per una migliore efficienza di utilizzo dell'acqua. Inoltre, la crescita della popolazione mondiale, richiede un aumento della produzione agricola (vegetale e animale) per assicurare un appropriato approvvigionamento di cibo sufficiente, sicuro e sostenibile.

Alcune colture sono più adatte di altre alle variazioni climatiche; inoltre, il semplice aumento dell'agrobiodiversità avrà un impatto positivo sulla mitigazione dei cambiamenti climatici perché conferiscono una maggiore resilienza agli agroecosistemi. (**Jacobsen et al., 2015**).

La quinoa (*Chenopodium quinoa*, in spagnolo *quínoa* o *quinua*), è una pianta erbacea annuale della famiglia delle Amaranthaceae, è originaria della zona andina del Sud America. La sua coltivazione è in continua espansione e, a oggi, è presente in oltre 90 Paesi: Perù e Bolivia sono i maggiori produttori a livello mondiale, ma viene coltivata anche in Canada, Stati Uniti ed in alcuni Paesi dell'Europa (Francia, Inghilterra, Svezia, Danimarca, Olanda ed Italia), seppur su superficie più ridotte.

È una pianta resistente alla siccità e alla salinità, quindi è dotata di buone caratteristiche di rusticità per adattarsi a condizioni non ottimali. Preferisce terreni di medio impasto, ben drenati e ricchi di sostanza organica con un contenuto medio di nutrienti. Il ciclo di coltivazione può variare da 110 a 240 giorni, dipendendo dal genotipo e dalle condizioni ambientali. Ciò la rende una possibile coltura alternativa di fronte al cambiamento climatico ed evidenzia il contributo che potrà dare alla sicurezza alimentare globale.

Dal punto di vista alimentare, la quinoa è definita uno pseudocereale dovuto al fatto che pur fornendo una farina adatta ad essere panificata, non appartiene alle classiche famiglie botaniche dei cereali, ovvero quelle delle Poaceae o Graminaceae. Inoltre contiene tutti gli aminoacidi essenziali ed è ricca di oligoelementi (**Krivonos, 2013**). Dalla granella si ottengono farine amidacee con buono o ottimo tenore proteico (13-18%); inoltre, sono *gluten-free*, quindi utili nella dieta delle persone celiache, dato che presentano un basso o nullo tenore in glutine.

Nella zona Andina (altopiani del Perù e della Bolivia) la quinoa era coltivata da oltre 5000 anni, ma ne era stata praticamente abbandonata la coltivazione in seguito alla conquista spagnola e alla sostituzione con altre colture (frumento). Solo nel secolo scorso, il potenziale della quinoa è stato riscoperto e da allora, il numero dei Paesi produttori è passato da otto nel 1980, a 40 nel 2010, e a 75 nel 2014. Ad oggi è coltivata o in fase di sperimentazione in circa 90 Paesi al mondo e continua ad aumentare (**Bazile et al., 2016**).

Inoltre, Grazie alla grande biodiversità presente nella regione Andina, la quinoa è presente in 5 ecotipi principali, in base alla loro capacità di adattamento alle diverse condizioni agro-ecologiche dell'ambiente andino (**Tapia, 1996**):

1. Ecotipo “livello del mare”
2. Ecotipo “Valles Interandinos”
3. Ecotipo “Altopiano”
4. Ecotipo “delle Saline”
5. Ecotipo degli “Yungas” o giungla.

Ancora oggi questa specie ha un'elevata diversità genetica (pur minacciata) e un'ottima adattabilità agli ambienti avversi come siccità, freddo, salinità (**Bazile et al., 2016**; **Jacobsen, 2003**). È una coltura alofita facoltativa che ha attirato l'attenzione mondiale,

tenendo conto che la salinizzazione del suolo è in aumento a scala globale, causando la diminuzione dei rendimenti delle principali colture (Panucio *et al.*, 2014). Grazie a queste prerogative, la coltivazione della quinoa è possibile a diverse altitudini, dal livello del mare fino ai 4000 m s.l.m.; inoltre, si adatta a diverse condizioni pedoclimatiche, cresce anche in ambienti marginali per l'agricoltura e richiede bassi input, configurandosi così come una coltura adatta ad affrontare i cambiamenti climatici mondiali (Mujica, 2004).

L'Organizzazione per l'Alimentazione e l'Agricoltura delle Nazioni Unite (FAO) le ha dedicato l'anno internazionale 2013, perché potrebbe contribuire a garantire la sicurezza alimentare per la crescente popolazione mondiale, anche grazie alle sue qualità nutrizionali (Repo Carrasco *et al.*, 2003).

La quinoa non è solo di interesse per le popolazioni rurali più povere, ma anche per il miglioramento dello stile di vita dei Paesi industrializzati. Solo pochi anni fa, la quinoa veniva consumata quasi esclusivamente dalle popolazioni rurali andine, ma la situazione è cambiata nel corso degli anni '90, a seguito delle crescenti esportazione verso il Nord America e l'Europa (Jacobsen *et al.*, 1994, 1996, 2012; Jacobsen, 2003). Allo stato attuale, la quinoa è consumata in diversi parti del mondo ed in Sud America ha raggiunto un nuovo status. Dal momento che la quinoa ha catturato l'attenzione dei ricercatori e dei consumatori di tutto il mondo, la domanda di questo prodotto agricolo è molto aumentata a livello mondiale, soprattutto da parte dei Paesi più sviluppati. Dal punto di vista etico, questa situazione richiede una valutazione più globale, che vada al di là di un'immediata considerazione positiva legata ad un ipotetico miglioramento derivante alle popolazioni Andine. In effetti, il rischio potrebbe essere quello che venga influenzato negativamente il tenore di vita delle popolazione povere nei Paesi di produzione originaria, che fino a prima di questo aumentato interesse mondiale potevano permettersi di consumarla regolarmente. (Jacobsen, 1997; Jacobsen *et al.*, 2003).

La quinoa può avere un buon potenziale per essere coltivata in Europa, ma sono ancora necessari studi agronomici per caratterizzare le nuove varietà che man mano cominciano ad apparire sul mercato europeo, e per ottimizzare la tecnica di coltivazione. La sua introduzione in questo continente risale agli anni '70, quando la specie giunse nel Regno Unito da collezioni provenienti dall'America del Sud. Il primo programma di

miglioramento fu avviato nel 1986 nell'Università di Cambridge (**Fleming e Galwey, 1995**). Nel 1987 in Danimarca è partito un programma di miglioramento genetico (**Jacobsen e Risi, 2001**), continuato in Olanda con l'ottenimento di nuove varietà. Ciò è stato reso possibile grazie anche alla collaborazione di giardini botanici ed all'aiuto di diverse Università, che hanno valutato linee uniformi e adatte alle condizioni pedoclimatiche dell'Europa Occidentale (**Mastebroek et al., 2002**).

### **Scopo della ricerca**

Presso il Dipartimento di Scienze delle Produzioni Vegetali Sostenibili (area di Agronomia e Biotecnologie Vegetali ed area di Viticoltura e Frutticoltura) dell'Università Cattolica del Sacro Cuore di Piacenza) si è svolta un'attività di ricerca nel corso del Dottorato Agrisystem - anni 2013-2016 sull'adattabilità della quinoa alle condizioni dell'Italia settentrionale, prendendo in considerazione diversi areali pedo-climatici di pianura e di collina. La sperimentazione è stata avviata nel 2014 e aveva come obiettivi principali:

1. Individuare le cultivar di quinoa più adatte per le condizioni ambientali italiane.
2. Studiare la tecnica colturale adeguata agli agrosistemi italiani.
3. Migliorare la tecnica colturale nei Paesi Emergenti (Colombia).

### **Struttura della tesi**

In particolare questa tesi è articolata in quattro capitoli, un capitolo di descrizione bibliografica della quinoa (Capitolo I) e tre capitoli di Ricerca scientifica (Capitoli II – IV).

- Nel primo capitolo, attraverso un'accurata descrizione bibliografica, vengono presentate le generalità sulla coltivazione della quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.).
- Nel secondo capitolo, vengono presentati i risultati delle prove di adattamento varietale della quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) in Pianura Padana svolte durante il triennio 2014-2016.
- Nel terzo capitolo, vengono presentati i risultati della prova sulla risposta alla fertilizzazione azotata della quinoa (ciclo colturale 2016).

- Il quarto capitolo è dedicato ad una prova di concimazione della quinoa svolta in Colombia, in collaborazione con la “Fundación Universitaria Juan de Castellanos de Tunja”.

## **Bibliografia**

- Bazile D., Jacobsen S.-E., Verniau A., 2016. The Global Expansion of Quinoa: Trends and Limits. *Frontiers in Plant Science*. Volume 7- Article 622. 6 pp.
- Connor D.J., Loomis R.S., Cassman K.G., 2011. Crop ecology – productivity and management in agricultural systems, 2nd ed. Cambridge University Press, Cambridge, p. 562. *In: Jacobsen S.-E. et al., 2015. Using our agrobiodiversity: plant-based solutions to feed the world. Agronomy for Sustainable Development 35: 1217-1235.*
- Fleming J.E., Galwey N.W., 1995. Quinoa (*Chenopodium quinoa*), pp. 3-83. *In: Williams J.T. (Ed.), Cereals and Pseudocereals. Chapman & Hall, London, UK, pp. 275. ISBN 0-412-46570-1.*
- Jacobsen S.-E. 1996. Developmental stability of quinoa under European conditions. *Industrial Crops and Products 7 (1998): 169–174.*
- Jacobsen S.-E., 2003. The Worldwide Potential for Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Reviews International 19: 167-177.*
- Jacobsen S.-E., 1997. Adaptation of quinoa (*Chenopodium quinoa* willd.) to Northern European agriculture: studies on developmental pattern. *Euphytica 96: 41-48.*
- Jacobsen S.-E., Risi J., 2001. Distribucion geografica de la quinua fuera de los países Andinos, pp. 56-70. *In: Mujica A., Jacobsen S.-E., Izquierdo J., Marathe J.P. (Eds.), Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) – Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro. Santiago, Chile: FAO, UNA-Puno, CIP.*
- Jacobsen S.-E., Mujica A., Ortiz R., 2003. The Global Potential for Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food reviews international 19: 167-177.*
- Jacobsen S.-E., Jørgensen I, Stølen O., 1994. Cultivation of quinoa (*Chenopodium quinoa*) under temperate climatic conditions in Denmark. *The Journal of Agricultural Science 122.(1): 47-52.*

- Jacobsen S.-E., Jensen C. R., Liu F., 2012. Improving crop production in the arid Mediterranean climate. *Field Crops Research*, 128: 34-47.
- Jacobsen S.-E., Sørensen M., Søren M.P., Weiner J., 2015. Using our agrobiodiversity: plant-based solutions to feed the world. *Agronomy for Sustainable Development* 35: 1217-1235.
- Krivosos E., 2013. Quinoa, pp. 59-65. *In: FAO, Food Outlook. Biannual report on global food markets. Roma, Italy. ISSN 1560-8182.*
- Mastebroek H.D., Van Loo E. N., Dolstra O., 2002. Combining ability for seed yield traits of *Chenopodium quinoa* breeding lines. *Euphytica*, 125 (3): 427-432.
- Mujica M.A., 2004. La quinoa indígena, características e historia, pp 21-42. *In: Sepúlveda J., Thomet M., Palazuelos P., Mujica Sanabria M.A., La Kimwa Mapuche: Recuperación de un cultivo para la alimentación. Andalién. Chile, 127 p.*
- Pachauri R.K., e Reisinger A. (eds.), 2008. IPCC, 2007: Climate Change, Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp
- Panuccio M.R., Jacobsen S.-E., Akhtar S. S., Muscolo A., 2014, Effect of saline water on seed germination and early seedling growth of the halophyte quinoa. *AoB plants*, 6 (plu047): 18 p.
- Tapia M., 1996. Ecodesarrollo en los Andes. Fundación Friedrich Ebert, Lima Perú, pp 7-8 *In: Bazile D., Bertero D. e Nieto C., 2014. Estado del arte de la quinoa en el mundo en 2013. FAO (Santiago de Chile) y CIRAD (Montpellier, Francia), 724 p.*