



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO

Facoltà di Agraria

Corso in Valorizzazione e Tutela dell'Ambiente e del Territorio Montano

**STUDIO PRELIMINARE SULLE CARATTERISTICHE
QUALITATIVE DELLO ZAFFERANO IN VALLE CAMONICA**

Relatore:

Chiar.ma Prof.ssa Annamaria Giorgi

Correlatori:

Dott.ssa Sara Panseri

Dott.ssa Manuela Sonia Mattara

Tesi di Laurea di:

Stefano Ferrari

Matricola n. 709957

ANNO ACCADEMICO 2010 / 2011

Indice

1	INTRODUZIONE	4
1.1	PRODUZIONI AGRICOLE IN MONTAGNA E MULTIFUNZIONALITÀ	4
1.2	LO ZAFFERANO (<i>CROCUS SATIVUS</i> L.)	5
1.2.1	<i>Caratteristiche botaniche</i>	5
1.2.2	<i>Caratteristiche bulbo</i>	7
1.2.3	<i>Ciclo biologico</i>	8
1.2.4	<i>Etimologia</i>	9
1.2.5	<i>Origine e diffusione</i>	10
1.2.6	<i>Composizione</i>	11
1.2.7	<i>Utilizzo</i>	12
1.2.8	<i>Coltivazione</i>	12
1.2.9	<i>Distribuzione geografica e produzioni</i>	13
1.2.10	<i>Clima</i>	14
1.2.11	<i>Preparazione del terreno di coltivazione</i>	14
1.2.12	<i>Messa a dimora dei bulbi e sesti d'impianto</i>	15
1.2.13	<i>Raccolta e conservazione dei bulbi</i>	16
1.2.14	<i>Meccanizzazione culturale</i>	16
1.2.15	<i>Concimazione</i>	17
1.2.16	<i>Irrigazione</i>	18
1.2.17	<i>Diserbo</i>	18
1.2.18	<i>Avversità e prevenzione</i>	19
1.2.19	<i>Raccolta e mondatura</i>	21
1.2.20	<i>Essiccazione</i>	22
1.2.21	<i>Rese per ettaro</i>	23
1.2.22	<i>Confezionamento</i>	24
1.2.23	<i>Adulterazioni</i>	24
1.2.24	<i>Valutazione economica</i>	26
1.3	LA QUALITÀ DELLO ZAFFERANO.....	29
1.3.1	<i>Tecniche per la determinazione dei parametri di qualità</i>	29
2	SCOPO DEL LAVORO	30
3	MATERIALI E METODI	31

3.1	COLLOCAZIONE DEI CAMPI E INFLUENZE CLIMATICHE.....	31
3.2	ASPETTI COLTURALI DEI CAMPI SPERIMENTALI.....	31
3.3	ANALISI DEL SUOLO.....	34
3.4	ANALISI QUALITATIVA.....	37
3.4.1	<i>Analisi spettrofotometrica (norme ISO 3632:2003)</i>	37
3.4.2	<i>Analisi gascromatografica associata alla spettrometria di massa (GC/MS)</i>	40
4	RISULTATI E DISCUSSIONE.....	43
4.1	ANALISI DEL SUOLO.....	43
4.2	ATTECCHIMENTO, CRESCITA, SVILUPPO E RESE	50
4.3	ANALISI QUALITATIVA.....	50
4.3.1	<i>Analisi spettrofotometrica (norme ISO 3632:2003)</i>	50
4.3.2	<i>Analisi cromatografica delle sostanze volatili mediante gas-cromatografia e spettrometria di massa (GC-MS)</i>	56
5	CONCLUSIONI	59
	BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA.....	60
	RINGRAZIAMENTI.....	62

1 Introduzione

1.1 Produzioni agricole in montagna e multifunzionalità

Attualmente l'agricoltura in ambiente montano non attraversa un periodo particolarmente felice; un progressivo abbandono delle pratiche agricole, testimoniato dall'aumento della superficie boschiva, caratterizza l'andamento italiano degli ultimi anni.

I motivi sono da ascrivere a:

- Diminuzione della popolazione montana; sempre più persone si trasferiscono nelle grandi città o nelle zone limitrofe per motivi di lavoro.
- Assenza di ricambio generazionale; sempre meno giovani scelgono come occupazione il settore agricolo.
- Rendite mediamente basse dalle coltivazioni montane.
- Pratiche agronomiche “ferme” al passato, quindi scomode e poco produttive; l'assenza di un'adeguata formazione del personale ha una forte incidenza nell'aggiornamento delle metodologie di coltivazione.

La situazione attuale dell'agricoltura montana, caratterizzata dal progressivo abbandono dei terreni agricoli e dalla mancanza di fonti di reddito adeguate potrebbe favorire l'inserimento del *Crocus sativus*.

Nell'ottica di un'azienda agricola multifunzionale lo zafferano rappresenta una nuova e importante fonte di reddito da affiancare alle coltivazioni già presenti essendo capace di generare un buon reddito anche se coltivato in appezzamenti relativamente piccoli.

È inoltre possibile legare lo zafferano ad un turismo gastronomico, viste le note qualità culinarie che caratterizzano questa spezia e che l'hanno resa famosa in tutto il mondo.

1.2 Lo zafferano (*Crocus sativus* L.)

1.2.1 Caratteristiche botaniche



Gruppo	<i>Angiosperme</i>
Classe	<i>Monocotiledoni</i>
Ordine	<i>Liliiflorae</i>
Famiglia	<i>Iridaceae</i>
Genere	<i>Crocus</i>
Specie	<i>Crocus sativus</i>

Figura 1: zafferano in fioritura.

Lo zafferano è una pianta bulbosa annuale che può arrivare fino a 25 cm in altezza; nella sua parte vegetativa presenta foglie di colore verde scuro a sezione triangolare, in numero variabile da cinque a undici, strette e relativamente lunghe, con dimensioni in larghezza che vanno da uno a tre millimetri ed in lunghezza fino a sessanta centimetri. Si sviluppano durante la fase vegetativa e sono chiuse verso l'interno da una spatola biancastra.

Il fiore appare vistoso in fioritura, di colore violaceo e con striature più scure, formato da sei petali; appare in autunno, anticipando le foglie, in numero variabile da due a cinque a due per ogni scapo.

Possiede un tubo perigoniale, lungo fino a 10 cm, che parte stretto dal bulbo e si allarga man mano che sale, assumendo una forma a campana.

Una caratteristica importante è l'ermafroditismo; l'organo maschile, l'androceo, consta di tre stami sorretti dai propri filamenti che partono dalla fauce del perigonio e sono della stessa lunghezza delle antere, strette, erette e di colore giallo chiaro, lunghe circa 15 mm.

Il gineceo, l'organo sessuale femminile, possiede un ovario contenente circa 15 ovuli, dal cui apice si sviluppa lo stilo, lungo fino a 9 cm, che attraversa il tubo del perigonio e termina in un unico stimma composto da tre filamenti di colore rosso vivo.



Figura 2: Particolare dell'organo sessuale femminile: lo stigma che si conclude nei tre filamenti.

Il genere *Crocus* possiede numerose specie, di seguito alcune:

Tabella 1: classificazione botanica “Degli Espinosa” (Di Crecchio, 1960)

Specie primaverili:	Spata di due pezzi:	<i>Crocus biflorus</i>
		<i>Crocus versicolor</i>
		<i>Crocus reticulatus</i>
		<i>Crocus Imperati</i>
	Spata di un solo pezzo:	<i>Crocus vernus</i>
		<i>Crocus etruscus</i>
		<i>Crocus minimus</i>
		<i>Crocus suaveolens</i>
Specie autunnali:	Spata di due pezzi:	<i>Crocus Thomasii</i>
		<i>Crocus sativus</i>
	Spata di un sol pezzo:	<i>Crocus longiflorus</i>
		<i>Crocus medius</i>

Il *Crocus sativus* è l'unica specie di *crocus* a possedere una certa importanza economica. Le altre sono specie spontanee, alcune delle quali frequentemente osservabili in ambiente alpino, come ad esempio il *Crocus Imperati*.

1.2.2 *Caratteristiche bulbo*

Il bulbo rappresenta l'unica riproduttiva per questa pianta; si presenta di forma sub-ovoidale, compressa alla base, con tuniche scure all'esterno che svolgono una funzione protettiva delle parti più interne, che sono bianche e particolarmente sensibili, soprattutto nella parte superiore, dove si differenziano i germogli. Possono arrivare al peso di 25 g e diametralmente misurano dagli 0,5 ai 5 cm.

Il bulbo nella parte inferiore sviluppa le radici, bianche e lunghe da 5 a 10 cm. Durante la fase vegetativa accumula le sostanze di riserva necessarie per la formazione di germogli e la fase di fioritura.

Al suo interno contiene circa 20 gemme indifferenziate; di queste solo 3 (dette gemme principali) daranno origine agli organi epigei (fiore, foglie) mentre le altre, di norma più piccole, sono deputate alla formazione dei bulbi secondari. Dalle gemme principali si svilupperanno poi i getti che, grazie a una cuticola protettiva di colore chiaro, raggiungeranno la superficie perforando la crosta del terreno.

I getti già poco dopo tempo rispetto alla loro formazione contengono gli organi epigei quasi completamente sviluppati che si apriranno una volta raggiunta la superficie.

I bulbi sono classificati, oltre che per il diametro, anche per il peso; solitamente 10 grammi è il peso minimo per considerare un bulbo adatto alla coltivazione (Kumar et al., 2008).

1.2.3 Ciclo biologico

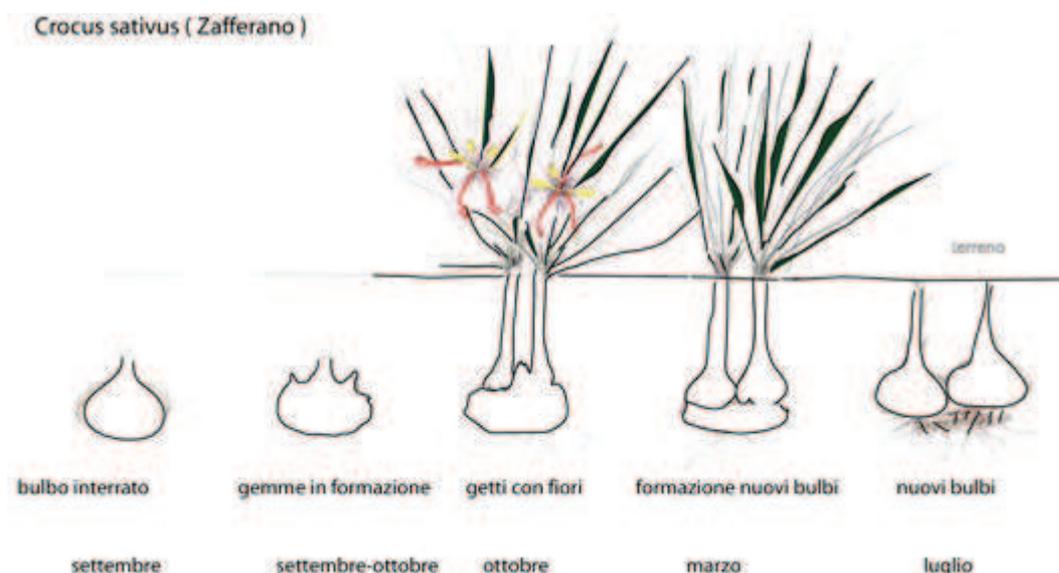


Figura 3: Schema del ciclo annuale del *Crocus sativus*.

Il ciclo biologico dello zafferano è riconducibile a due stadi: uno stadio attivo che va da agosto/settembre ad aprile/maggio e uno di riposo da giugno ad agosto.

Le fasi vegetative preliminari avvengono grazie al solo uso delle sostanze di riserva immagazzinate nella stagione precedente e, in questo momento, grazie al nuovo apparato epigeo, si formeranno le riserve per l'anno successivo.

Durante il primo stadio il bulbo riprende la sua attività metabolica e quindi si avrà l'attecchimento e il successivo sviluppo di fiori e foglie.

Solitamente nei primi giorni di ottobre spuntano dal terreno le spate contenenti i mazzetti di foglie (circa dieci) e, dopo circa una quindicina di giorni, si ha la comparsa dei primi fiori.

Il periodo della fioritura avviene nel periodo che va da il quindici di ottobre e il quindici di novembre (in relazione alle situazioni climatiche).

Durante lo stadio di riposo i bulbi si mantengono "dormienti" e quindi sono in grado di resistere alla siccità e alle alte temperature.

Questa fase evolutiva è preceduta, nel mese di maggio, dall'essiccazione delle foglie che segnala la fine della fase attiva.

Troveremo un periodo transitorio in entrambi gli stadi, dove il bulbo continuerà a differenziarsi e a fare mitosi.

1.2.4 Etimologia

Le più antiche tracce di parola indicante lo zafferano è la radice semita $\$PR$ che significa essere giallo o diventare giallo.

Successivamente i Sumeri coniarono il termine, “azugna” derivante dalla radice appena citata, che indicava un fiore non precisato ma probabilmente riconducibile allo zafferano.

Questa etimologia sumera ha influenzato poi il primo termine arabo coniato, “az-za’fran”.

Il termine che però ha maggiormente condizionato e si ritrova in epoca classica è di derivazione ebraica: “karkom”, più volte citato anche nell’antico testamento. Proprio da questo termine ebraico prende origine la parola greca “knakos”, che successivamente mutò in “knekos” e in “knikion”, termini che identificavano in modo generale le piante dai fiori arancio; in seguito arrivò la parola “krokos”, la quale identificava nello specifico lo zafferano. Proprio da quest’ultimo termine greco derivano poi il termine latino “crocus”, l’inglese antico “crog” o i termini gaelici “crò”, “cròdh” e “cròch”. I vocaboli derivanti dagli ultimi nomi citati vengono utilizzati, ad d’oggi, per indicare unicamente la famiglia dei crocchi in generale, *crocus*.

Un altro vocabolo arabo usato per indicare lo zafferano è “kurkum”, sempre derivante dall’ebraico “karkom”; questo termine, probabilmente di origine persiana, ha influenzato soprattutto i termini indicanti la curcuma.

L’unico termine che ancora oggi indica lo zafferano e mantiene tale radice è l’armeno “kerkoom”.

È probabile che nel mondo arabo nell’epoca del settimo secolo lo zafferano e la curcuma fossero considerate un’unica pianta, vista la somiglianza.

Il vocabolo arabo “az-za’fran” è quello però che più ha influenzato i vocaboli utilizzati oggi sia in Europa che in altre parti del mondo.

Questa influenza araba è riconducibile al dominio della popolazione nella penisola iberica, in particolare dal 756 all’anno 1031. I termini spagnoli e portoghesi dell’epoca testimoniano infatti la sovranità araba: il galiziano “azafran”, il basco “azaparan”, il portoghese “açafrao” e il catalano “safrà”. Da qui poi il termine si diffuse in tutta Europa e non solo: il latino “safranum”, il francese “safran”, il tedesco “safran”, l’inglese “saffron”, l’italiano “zafferano”, l’islandese “saffran”, il polacco “szafran”, il finlandese “sahrami”, il georgiano “zaprana”, il russo “shafran”, il kazako “zağıparan”, l’indi “zafran”, il thailandese “yafaran” e giapponese “safuran” ne sono prove tangibili.

Etimologie completamente diverse si hanno invece per le popolazioni del lontano oriente. I termini che indicano lo zafferano in questi popoli derivano quasi esclusivamente da parole sanscrite, in particolar modo da tre espressioni: “kashmirajanman”, “kashmira” e “kesara”, tutte riconducibili al Kashmir, mercato di produzione e di commercio importantissimo per lo zafferano fin dall'antichità (Liberto, 2012)

1.2.5 Origine e diffusione

È ormai accertato che lo zafferano provenga dall'Asia minore, dove sembra si coltivasse estesamente in Cicilia, in Barbarie, in Licia, in Stiria. Scano scrive che i Sidoni e Stiri se ne servivano per colorare in giallo i veli profumati delle spose e che i sacerdoti e i sacrificatori erano soliti incoronarsi di fiori di zafferano nelle grandi cerimonie religiose.

Dall'Asia si estese poi all'Africa, specialmente nella parte settentrionale, dove diede vita, nel passato, ad un largo commercio di esportazione. Lo zafferano di Tripoli, nel 1500, godeva di rinomanza sia per il profumo che per il colore. Dall'Africa settentrionale penetrò con facilità in Spagna e negli altri paesi europei.

Si diffuse infatti in Francia, Germania e infine in Italia. Non è possibile stabilire l'anno della comparsa della coltura in Italia. Sembra tuttavia che il suo ingresso sia riconducibile a un padre Domenicano della famiglia Santucci di Navelli nell'Aquilano, grande appassionato di agricoltura, nel 1498. Il padre, che viveva da molti anni in Spagna trasportò a Navelli numerosi bulbi in occasione di una licenza accordatagli dal tribunale dell'inquisizione.

Rapidamente da Navelli la coltura si propagò nei dintorni fino a giungere alla città dell'Aquila. Si diffuse più tardi nell'ubertosa vallata di Sulmona dove il prodotto era eccezionale, tanto che i botanici denominarono lo zafferano *Crocus sulmonensis*.

Dall'Abruzzo la coltura si diffuse in varie zone d'Italia ed in particolare nella provincia di Potenza, a Capua, ma con risultati poco soddisfacenti. Di seguito in Sicilia si sono avute belle ed estese colture.

Gradi estensioni si ottennero in Toscana per vari secoli, specialmente nei terreni di tipo sciolto, calcareo-siliceo delle colline pisane, nella Val d'Elsa superiore, in alcune crete senesi, in Val d'Asso e a Montepulciano. Le ragioni che hanno portato alla scomparsa della coltivazione dello zafferano dalla Toscana furono numerose: furore militare, che rovinò le coltivazioni e rese le campagne prive di coloni; le acque erompendi e lasciate senza freno che

trascinarono lo strato di tufo silicio – calcareo sovrapposto alle tenaci argille nel territorio di Montepulciano, Pienza e di altre parti della provincia di Siena e che formava il territorio prediletto della tenera e piccola pianta; il quasi annientato commercio sotto il regime del Primo Cosimo, nonché i menomati rapporti con la Francia manifatturiera e, forse, la comparsa dello *Sclerotium crocorum*, fungo che colpisce lo zafferano (Di Crecchio, 1960).

Poi per varie ragioni la coltura decadde, restringendosi nel solo comprensorio aquilano abruzzese, dove permane vigorosa.

Proprio grazie al “riparo” trovato in Abruzzo oggi troviamo lo zafferano in più regioni italiane e principalmente in Sardegna, Sicilia, Toscana e nel già citato Abruzzo.

1.2.6 *Composizione*

La sostanza responsabile del colore rosso intenso, la crocina ($C_{44}H_{70}O_{28}$), è un glucoside che, se trattato con acido solforico a caldo, si scinde in glucosio e crocetina ($C_{14}H_{66}O_9$).

La composizione che caratterizza lo zafferano dipende, principalmente, dalla proporzione fra acqua, crocina (materia colorante) e ceneri.

Nello specifico è importante che l'umidità non superi il 14 % e che ci sia una certa proporzione tra crocina e ceneri.

Concorrono a determinare il colore della spezia anche altri carotenoidi presenti negli stimmi del fiore quali la 3-crocetina (monometilcrocetina), la γ -crocetina (dimetilcrocetina), l' α -carotene, il 3-carotene, il licopene, e la crocetina e zeaxantina.

La picrocrocina ($C_{38}H_{66}O_9$), una sostanza amara chiamata anche amaro di Croco, responsabile del caratteristico sapore amarognolo dello zafferano, viene decomposta in una sostanza zuccherina e in un terpene ($C_{10}H_{16}$), se bollita in acidi diluiti.

Responsabile dell'odore caratteristico dello zafferano è invece il safranale, componente caratterizzante l'olio essenziale. Quest'ultimo è un olio giallo-bruno di odore forte, avente azione irritante sulla pelle, con reazione fortemente acida.

L'olio essenziale si ottiene distillando lo zafferano con vapore acqueo in correnti di anidride carbonica ed esaurendo poi il distillato con l'etere; tutte le proprietà biologiche, dietetiche e terapeutiche attribuibili allo zafferano sono dovute a questo distillato.

Nella spezia sono presenti anche altri elementi chimici tra cui alcaloidi, saponine e fitosteroli. Si ritrovano inoltre zuccheri, minerali, vitamine del gruppo B (in particolare vitamina B1 e B2),

nonché composti volatili come α e 13-pinene ed eucaliptolo. Uno zafferano di buona qualità dovrebbe contenere circa il 30% di crocina, tra il 5 e il 15% di picrocrocina e un 2,5% di composti volatili incluso il safranale.

1.2.7 Utilizzo

Gli utilizzi del *Crocus sativus* vanno dalla medicina alla tintoria e sono noti fin dai tempi più antichi. I vecchi zafferanieri, proprio per lodarne le tante e versatili qualità, affermavano che lo zafferano fosse calmante come l'oppio ed eccitante come il vino.

In medicina è consigliato come stomachico (dovute al safranale, che produce un aumento della secrezione gastrica) e come leggero analgesico contro il mal di denti; inoltre, in dose moderata, costituisce anche un eccitante energetico che stimola l'appetito, la digestione e calma gli spasmi.

Allo zafferano vengono attribuite anche proprietà sedative e decongestionanti.

Studi recenti attribuiscono all'assunzione di crocina e crocetina una diminuzione dei livelli di bilirubina, colesterolo e trigliceridi; inoltre sono allo studio possibili effetti antitumorali (Moghaddasi, 2010).

Nell'industria tintoria risulta a oggi abbandonato poiché sostituito da colori di sintesi.

Il campo dove lo zafferano è maggiormente utilizzato è la cucina: si usa, infatti, come utile e piacevole ingrediente di cibi e bevande.

1.2.8 Coltivazione

Il ciclo colturale dello zafferano è, solitamente, di tipo poliennale, essendo la pianta una bulbosa perenne.

I fattori che possono influenzare il ciclo colturale sono il clima del luogo di coltivazione e le modalità di coltivazione, basate sulle tradizioni. In Abruzzo infatti tradizionalmente si coltiva lo zafferano a cicli annuali piantando i bulbi a fine agosto e raccogliendoli all'inizio dell'agosto successivo; questa appena citata è da considerarsi un'autentica unicità, sia a livello italiano che europeo.

La poliannualità di questa bulbosa varia solitamente dai tre ai sette anni (la media italiana è di circa tre – quattro anni).

Allo scopo di prevenire problemi fitosanitari non si deve succedere a bulbose e tuberose (quali le patate, ad esempio), se non dopo un periodo variabile da quattro a dieci anni.

1.2.9 Distribuzione geografica e produzioni

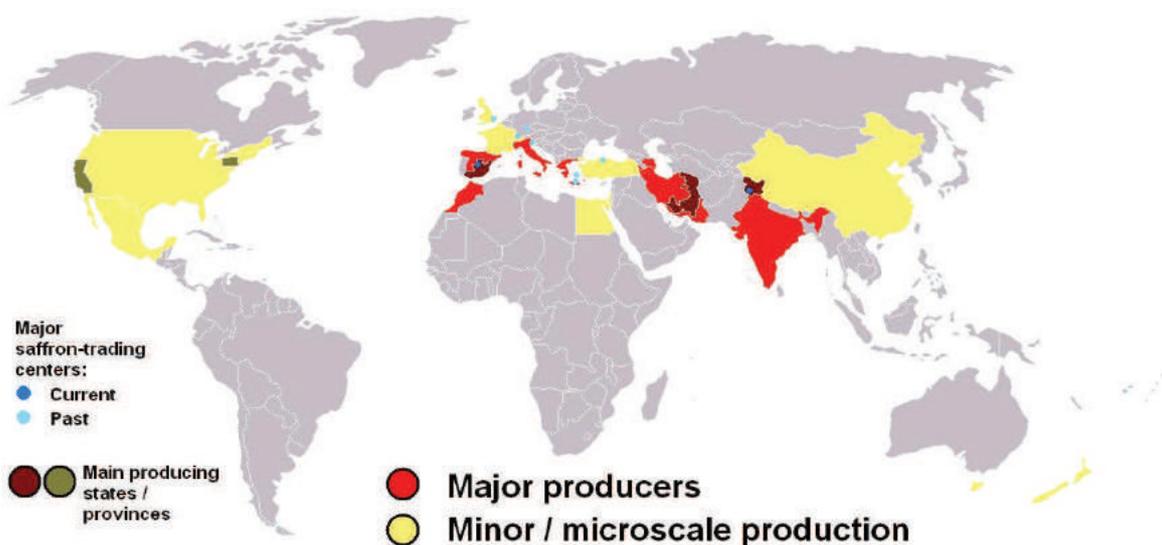


Figura 4: Distribuzione mondiale della produzione di zafferano.

La specie è diffusa in tutto il mondo ma, in merito alle principali zone di produzione, troviamo il bacino del mediterraneo e il medio oriente. La produzione mondiale totale è di circa 300 tonnellate/anno di zafferano essiccato pronto alla vendita. L'Iran producendo circa il 90% della produzione totale mondiale si colloca come primo paese produttore di zafferano (si stimano oltre 250 tonnellate/anno di produzione a fronte di quasi 50.000 ettari coltivati). La quasi totalità di questa produzione proviene dalla provincia del Khorasan.

La regione indiana del Kashmir produce fra le 8 e le 10 tonnellate/anno, dedicate quasi totalmente al consumo interno al paese.

A livello europeo, la Grecia è attualmente il primo paese produttore, producendo dalle 4 alle 6 tonnellate/anno.

Nel nord Africa, ma sempre nel bacino del mediterraneo, troviamo il Marocco, che produce annualmente tra 0.8 e 1 tonnellata/anno.

Da sottolineare è il caso della Spagna che è passata negli ultimi 50 anni dall'essere il principale produttore mondiale (soprattutto nelle zone di La Mancha e Teruel) ad una produzione quasi di circa 0.5 tonnellate/anno.

A questo punto troviamo la produzione italiana con circa 100 Kg/anno prodotti, soprattutto fra Abruzzo, Sardegna e Sicilia, seguita dalla Turchia (10 Kg), dalla Francia (5 Kg) e dalla Svizzera (1 Kg)(Sharafzadeh, 2011).

1.2.10 Clima

Lo zafferano, come già detto, è una pianta in grado di adattarsi bene a climi freschi, tra i quali possiamo collocare il clima delle aree montane e alpine . La pianta è in grado di resistere a temperature basse e alte (da considerarsi critiche) che vanno dai -14 °C in inverno ai 40 °C in estate.

In linea generale comunque esso predilige un clima temperato (mediterraneo – continentale) caratterizzato da inverni freschi e piovosi e da estati calde e secche.

Per quel che riguarda la piovosità lo zafferano preferisce climi dove questa è variabile tra i 250 mm e i 600 mm annui e con piovosità estiva non superiore a 40 mm.

1.2.11 Preparazione del terreno di coltivazione

Lo zafferano predilige terreni di vario genere purché sciolti e soprattutto ben drenati. È preferibile anche coltivare su terreni calcarei e profondi e caratterizzati da buon drenaggio.

Proprio per evitare al meglio qualsiasi ristagno idrico si preferisce coltivare su terreni in pendenza, così da garantire un buon deflusso idrico anche nel caso in cui il terreno non si presenti particolarmente drenante.

Per preparare il terreno a questa coltura si opera come se si coltivasse una qualsiasi poliennale. Si inizia con un lavoro profondo di aratura, nell'autunno o nella primavera precedente all'impianto (fondamentale per il drenaggio già più volte citato) e si procede poi con lavorazioni superficiali, come erpicatura e fresatura, ripetute più volte, per ammorbidire il terreno.

1.2.12 Messa a dimora dei bulbi e sesti d'impianto

L'impianto dei bulbi avviene solitamente tra la fine di giugno e settembre in funzione delle condizioni climatiche. In Italia, tradizionalmente, si utilizzano sesti di impianto di circa 20 cm di distanza tra le file, 20 cm sulla fila e 20 cm di profondità. In Sicilia e Sardegna si tende a realizzare sesti di impianto con maggiore distanza tra le file, vista la poliannualità che in queste regioni, tradizionalmente, prevede di lasciare i bulbi nel terreno anche più dei canonici tre – quattro anni, per far sì che anche negli anni successivi non ci sia un'eccessiva fittezza delle vegetazione.

In altre nazioni europee, quali Spagna e Grecia, si tende ad avvicinare la distanza tra i bulbi sulla fila; ovviamente i sesti di impianto devono essere relazionati alle condizioni del terreno in cui si coltiva.

Nei terreni sciolti, ad esempio, si può aumentare la profondità di impianto mentre viceversa, nei terreni più pesanti, è opportuno coltivare a profondità più superficiali.

I sesti di impianto devono anche dipendere dalle operazioni colturali future che l'agricoltore vorrà fare, come, ad esempio, la rincalzatura e zappatura dell'interfila, e dalle possibili meccanizzazioni.

In funzione dei sesti che si possono fare è possibile calcolare la densità di impianto come numero di bulbi per metro quadrato:

$$\text{n. bulbi /m}^2 = \frac{10.000 \text{ (sono i cm}^2 \text{ in un m}^2\text{)}}{(\text{Distanza bulbi sulla fila in cm}) * (\text{Distanza tra le file in cm})}$$

Si preferisce utilizzare bulbi più grandi alla prima piantagione (dimensione maggiore di 30 mm) in quanto è stato accertato che la grandezza influenza il rendimento del bulbo nel primo anno in relazione al maggior numero di gemme fiorali.

1.2.13 Raccolta e conservazione dei bulbi

Come detto nel capitolo precedente, l'impianto dei bulbi avviene in piena estate, fra giugno e settembre; il periodo precedente all'impianto, quando troviamo la parte epigea dello zafferano completamente essiccata, è ottimo per un possibile espianto dei bulbi.

I bulbi raccolti, soprattutto quando non vengono espianati da più anni, risultano in quantità superiore rispetto a quelle che sono le necessità di impianto (è accertato che, mediamente, dopo tre anni si avranno dodici bulbi figli per ogni bulbo piantato); queste eccedenze vengono destinate alla vendita.

In genere nei piccoli appezzamenti si fa uso di zappe e vanghe mentre, su superfici più ampie, si usano aratri o macchinari specifici per la raccolta di bulbi o tuberi.

Nella fase di raccolta è necessario lavorare con la massima cautela al fine di non danneggiare alcun bulbo, soprattutto nella sua parte interna (chiara e carnosa). Al contempo bisogna ripulirli da ogni impurità; residui del bulbo madre e delle vecchie tuniche, terra e residui vegetali vari possono influire sul futuro sviluppo della pianta.

Anche queste operazioni di pulizia possono essere meccanizzate ed associate a disinfezione (descritte specificatamente nel capitolo "avversità e prevenzione").

Prima della messa a dimora i bulbi devono essere selezionati a seconda delle dimensioni e dello stato sanitario (vengono eliminati i bulbi infetti, riconoscibili attraverso macchie di vario genere sulla tunica più esterna).

La conservazione dei bulbi viene effettuata disponendoli in cassette, di profondità non superiore a 40 cm, riposte in stanze al riparo dalla luce e ben areate.

1.2.14 Meccanizzazione colturale

La meccanizzazione colturale dello zafferano concerne sia le operazioni di preparazione del terreno (aratura, erpicatura e fresatura) che le operazioni successive quali il rincalzo, il controllo delle malerbe e l'espianto dei bulbi.

Nel rincalzo, nella quasi totalità dei casi, si opera manualmente con l'uso di una zappa; la meccanizzazione, per questa operazione, è fattibile solo con un'interfila molto ampia e comunque è quasi sempre sconsigliabile viste le ridotte dimensioni delle piantine.

Lo stesso discorso vale per il controllo delle malerbe; anche qui l'intervento è meccanizzabile solo quando si lavora su un'interfila ampia attraverso fresature ed erpicature.

L'intervento manuale viene effettuato per mezzo di una zappa e questo, così come gli interventi meccanici, dipende dalle variazioni climatiche e dallo sviluppo delle infestanti.

L'espianto dei bulbi è invece più frequentemente meccanizzato ed è necessario, come detto nel precedente capitolo, quando le dimensioni della coltivazione diventano più estese.

Più comunemente e semplicemente si usa un aratro a versoi atto a portare in superficie i bulbi che successivamente verranno raccolti a mano; un'alternativa è l'uso di macchine utilizzate di norma per espantare bulbose e tuberose. Manualmente, invece, l'espianto dei bulbi viene eseguito attraverso l'uso vanghe o zappe.

1.2.15 Concimazione

La concimazione si affida, nella quasi totalità delle coltivazioni italiane, unicamente all'apporto organico, nelle fattispecie letame maturo, distribuito nell'autunno precedente, con un dosaggio di 30-40 t/ha.

La concimazione minerale, normalmente effettuata a ottobre, dove è concessa (nei disciplinari DOP di Abruzzo e Toscana è vietata), consiste di una miscela di N-P-K: 100kg/ha (11N-15P-15K) + 20 kg/ha (0N-0P-5K), quindi un totale di 120 kg/ha (Workshop Internazionale Progetto Saffron Interreg III C SUD, 2006). In Spagna comunemente si associano i due tipi di concimazioni con le seguenti dosi: 40 - 50 U.F (unità foraggiere) di azoto, 80 - 100 U.F. di anidride fosforica e 100 - 120 U.F. di ossido di potassio (Acciaro e Arrabito, 2008).

Il genere *crocus* si avvantaggia nel succedere a una leguminosa per via dell'apporto azotato che quest'ultima garantisce. È quindi buona cosa praticare all'impianto dello zafferano questa successione.

1.2.16 Irrigazione

Le necessità irrigue dello zafferano sono veramente ridotte; la pianta infatti risulta molto resistente alla siccità. In Italia l'irrigazione non è molto frequente, se non nei cosiddetti periodi critici quali la bulbificazione (primavera) e all'inizio del germogliamento (tra fine settembre e gli inizi di ottobre).

Si utilizzano tre sistemi di irrigazione: irrigazione per scorrimento, per aspersione e per gocciolamento. L'aspersione è sicuramente il sistema migliore di irrigazione, anche se il più difficile e il più costoso da applicare. L'irrigazione per scorrimento è invece il più utilizzato, vista la semplicità di applicazione.

In Spagna buona parte delle coltivazioni, circa il 70 %, viene irrigata.

1.2.17 Diserbo

In Italia il diserbo viene effettuato per lo più attraverso operazione manuale, passando nell'interfila e rompendo superficialmente il terreno. Questa pratica è necessaria almeno in due occasioni durante l'anno, ovvero durante l'estate e prima della fioritura. Chiaramente il numero e l'epoca degli interventi è variabile in funzione della crescita delle malerbe.

In Spagna vengono invece utilizzati, durante il riposo vegetativo, due pesticidi appartenenti alla classe chimica dei carbammati: diquat e paracquat (pesticidi considerati a bassa persistenza nel suolo).

Durante lo sviluppo vegetativo si utilizzano diserbanti come glifosate, linuron, metribuzin, pendimetalin e bentazon, soli o combinati.

1.2.18 *Avversità e prevenzione*

Lo zafferano subisce l'attacco da parte di diversi parassiti vegetali, per lo più di funghi:

- *Fusarium oxysporum* f. sp. Gladioli detto Giallume dello zafferano.

L'attacco è interno alla pianta e rivolto ai vasi della stessa causando necrosi e imbrunimenti che portano al marciume.

Esternamente possiamo osservare, a ottobre, subito prima della fioritura, uno sviluppo eccessivo della guaina fogliare che limita lo sviluppo di foglie e fiori ripiegando il germoglio verso terra.

L'attacco primaverile è riconoscibile esternamente in quanto causa clorosi delle foglie

- *Rhizoctonia* spp.

L'attacco è rivolto ai bulbi che marciscono e diventano maleodoranti causando successivamente l'ingiallimento e il disseccamento delle foglie.

- *Penicillium corymbiferum*

Attacca i bulbi nel periodo di conservazione prima dell'impianto, favorito dagli ambienti umidi.

Sui bulbi appaiono lesioni scure che evolvono in muffa verde scura che provoca poi il marciume letale. In campo si nota dapprima il marciume del colletto della pianta e successivamente il ripiegamento dei germogli e il disseccamento.

- *Macrophomina phaseolina*

Questa viene denominata marciume carbonioso dei bulbi e colpisce il bulbo dello zafferano e le sue strutture.

Nella fase iniziale della malattia si notano segni scavati di colore bruno scuro che, con il progredire della malattia, evolvono sfilacciando le tuniche e mostrando i tessuti punteggiati dagli sclerozi del fungo.

La lotta a queste avversità si basa soprattutto sulla prevenzione: come già descritto, la scelta di suoli ben drenati che evitino ristagni idrici rappresenta già un ottimo punto di partenza.

Un'altra misura preventiva, anche questa già citata, consiste nell'evitare di far succedere lo zafferano a se stesso o a bulbosa, se non dopo un certo numero di anni. È importante inoltre piantare bulbi puliti, classificati e disinfestati.

Questi procedimenti vengono svolti manualmente dai piccoli coltivatori ma è conveniente, per chi possiede grandi superfici coltivate a zafferano, intervenire meccanicamente per velocizzare le operazioni.

Queste operazioni, le classiche della bulbocoltura, sono rappresentate in principio dal passaggio dei bulbi su un vibratore a stecche, atto a eliminare la terra dal bulbo, e successivamente dal passaggio dei bulbi stessi attraverso due nastri trasportatori con dita di gomma, delegati a strofinare ad altezze diverse (Acciaro e Arrabito, 2008).

Per la classificazione dei bulbi esistono macchinari dotati di dischi forati a vari diametri (da 18 a 30 mm), in grado di separare i bulbi di grandezze diverse.

Infine, per disinfestare, un sistema di doccette inaffierà i bulbi che avanzeranno sui nastri semoventi; quest'ultima operazione viene spesso eseguita manualmente per garantire una migliore uniformità. Eventuali sintomi di infezione o lesioni possono venire trattati conciano con prodotti a base di rame. Un'ultima causa di danneggiamento per lo zafferano è rappresentata dalla fauna: cinghiali, topi di campagna e ratti possono alimentarsi di bulbi, conigli e lepri possono invece cibarsi della parte epigea distruggendola. Il controllo della fauna è possibile utilizzando esche e trappole per i roditori e installando reti di recinzione accuratamente interrate.

1.2.19 Raccolta e mondatura

La raccolta è un'altra operazione molto delicata e coincide, ovviamente, con la fioritura; questa avviene dopo circa due mesi dalla messa a dimora dei bulbi e ha una durata che solitamente è di circa tre - quattro settimane nel periodo che va dalla metà di ottobre alla metà di novembre. È di fondamentale importanza l'organizzazione e la pianificazione della raccolta in quanto la prolungata esposizione del fiore alle avversità meteorologiche può causare perdita di qualità al prodotto finale.

La raccolta viene effettuata, nella quasi totalità dei casi a mano, e tassativamente al mattino presto, quando il fiore non è ancora aperto. Questo per preservare i tre filamenti di stamma dal contatto con luce e umidità.

L'operazione di raccolta manuale consta nel recidere i fiori alla base della corolla, premendo l'unghia del pollice sull'indice. Successivamente i fiori vengono posti in appositi cesti di vimini senza formare strati troppo spessi, evitando così lo schiacciamento.

In Spagna è frequente l'uso di macchinari anche per la raccolta dei fiori; l'operatore aziona la macchina da seduto e quest'ultima, grazie a una stecca affilata, recide i fiori vicino al terreno e una piattaforma elevatrice li trasporta in appositi contenitori ubicati nel retro della macchina stessa. La raccolta meccanica dei fiori velocizza le operazioni di raccolta ma diminuisce notevolmente la qualità del prodotto, venendo esso contaminato da impurità.

In Italia troviamo qualche caso di meccanizzazione solo in Sardegna.

La successiva operazione è rappresentata dalla mondatura, azione attraverso la quale gli stammi vengono separati dal resto del fiore. Per fare ciò bisogna aprire il fiore e recidere lo stamma alla base dei tre filamenti, facendo attenzione a non separarli, eliminando la parte bianca finale dello stilo.

1.2.20 Essiccazione

Il processo di essiccazione determina una riduzione importante del peso: gli stimmi possono perdere fino all'80% del peso iniziale.

Questa operazione può avvenire, in linea di massima, in due modi: naturale, esponendo gli stimmi all'aria aperta (al sole o all'ombra e in un luogo ben areato) oppure artificiale, sottoponendo gli stessi stimmi a un flusso di calore appositamente creato.

L'essiccazione naturale dello zafferano è tipica delle zone calde, come nel Medio Oriente e nell'Africa settentrionale, mentre in Italia, come in tutti i Paesi del bacino mediterraneo, è effettuata utilizzando le fonti di calore più disparate: le braci (meglio se di legno di vite), i comuni forni a gas o a legna, i termoconvettori, i bracieri, le resistenze elettriche e gli essiccatoi.

Nel processo artificiale è importante mantenere la temperatura a livelli non troppo elevati e per non troppo tempo.

Si utilizzano telai con struttura in legno e una fitta rete metallica su cui vengono disposti gli stimmi; questi vengono poi disposti in prossimità della fonte di calore utilizzata. Studi confermano che l'utilizzo della tecnica di essiccazione tradizionale (essiccazione su brace) garantisce migliori caratteristiche qualitative.

Tabella 2: differenze qualitative a seconda del tipo di essiccazione (Amato et al. 1989)

	Essiccazione su brace	Essiccazione elettrica
Potere colorante (assorbimento spettrofotometrico)	253	225
Potere amaricante (% di safranale)	5,9	3,5

Al termine dell'essiccazione l'umidità degli stimmi deve essere inferiore al 10%: umidità troppo elevate potrebbero causare il deperimento del prodotto e provocare la formazione di muffe.

È consigliato essiccare in giornata il prodotto raccolto; se non fosse possibile bisogna stendere i fiori (in strati di non più di dieci centimetri) su teli in plastica e disporli in locali ben areati.

Anche l'essiccazione varia a seconda della zona geografica di provenienza e delle tradizioni popolari.

In Sardegna, ad esempio, prima di essiccare, si effettua la “feidadura”; questa operazione consiste nell’umettare gli stimmi con olio extravergine d’oliva con lo scopo di migliorare sia l’aspetto che la conservazione degli stimmi. Dopo la “feidadura” questi vengono disposti su tavole di legno e messi a essiccare al sole o, più frequentemente, sulle braci o al calore del camino.

L’essiccazione è quindi un processo in grado di influenzare notevolmente le caratteristiche organolettiche del prodotto finito; il metodo utilizzato così come le temperature e la durata del processo incidono su caratteristiche quali colore, sapore e aroma.

Con l’essiccazione a temperatura ambiente il colore risulta particolarmente scuro; per questo si preferisce macinare il prodotto al fine di avere un colore più chiaro, più simile ad un rosso intenso, e quindi più apprezzabile a livello commerciale.

1.2.21 Rese per ettaro

La produzione per ettaro è abbastanza variabile: pratiche agronomiche, clima e anno di piantagione la influenzano considerevolmente.

Solitamente, nel primo anno dopo la messa a dimora, si hanno produzioni di stimmi essiccati relativamente basse (di solito va da circa 2 a 4 kg per ettaro); nel secondo anno le produzioni per ettaro cresceranno e nel terzo anno si avrà la resa massima che, in alcuni casi, può superare i 13 kg per ettaro.

Per ricavare 1 kg di stimmi freschi occorrono circa 60 kg di fiori. Gli stimmi, dopo il processo di essiccamento, si riducono ulteriormente a soli 200 gr. Un chilogrammo di comune zafferano richiede dunque circa 150.000 fiori ed è costituito da 450.000 filamenti.

Tabella 3: Esempio della quantità di fiori prodotta e di zafferano raccolto per 2.550 bulbi piantati nei primi 3 anni di messa a dimora (Workshop Internazionale Progetto Saffron Interreg III C SUD, 2006)

Dati produttivi di zafferano con impianto di 2.500 bulbi nel primo triennio			
Anno	N° fiori raccolti	Grammi di zafferano ottenuti	N° fiori per grammo
Anno 1	1.383	11,5	120
Anno 2	19.353	165	117
Anno 3	55.228	550	100

1.2.22 Confezionamento

Solitamente, i produttori italiani di zafferano, che normalmente commercializzano un prodotto di qualità, tendono a confezionare il *Crocus sativus* in contenitori di vetro in dosi variabili dai 0,25 ai 5 grammi.

Sempre per dosaggi simili sono utilizzate, anche se più raramente, piccole scatole di plastica; per quantitativi relativamente grandi è idoneo l'utilizzo di contenitori di latta mentre, l'utilizzo di bustine di carta per alimenti, è più frequente per lo zafferano venduto in polvere.

La polverizzazione viene effettuata dopo la tostatura e spesso è manuale (per mezzo di macinini manuali) mentre, in aziende più grandi, si possono trovare macchinari che automaticamente fanno questa operazione e di seguito dosano e confezionano.

1.2.23 Adulterazioni

A causa dell'elevato prezzo di vendita lo zafferano può frequentemente incorrere in diverse forme di adulterazione; qui di seguito una tabella esemplificativa:

**Tabella 4: Le forme di adulterazione della zafferano (Workshop Internazionale
Progetto Saffron Interreg III C SUD, 2006)**

Senza l'aggiunta di sostanze estranee:	Mischiare con lo zafferano concentrato o vecchio.
Aggiunta di altre parti della pianta:	Aggiunta di stami o di perigoni tagliati e tinti.
	Incremento dell'umidità.
	Impregnamento con lo sciroppo, miele, glicerina o olio d'oliva.
Aggiunta di sostanze che aumentano il peso:	Aggiunta agli sciroppi usati in precedenza del solfato di bario, solfato di sodio, solfato di calcio, carbonato di calcio, idrossido di potassio, nitrato di potassio, tartrato doppio di sodio e potassio, borato di sodio, lattosio, amido o glucosio.
Aggiunta di parti di altre piante:	Fiori dei <i>Carthamus tinctorius</i>
	Fiori dei <i>Calendula officinalis</i>
	Stimmi di altre specie di <i>Crocus</i> generalmente più corte e senza proprietà coloranti (<i>Crocus vernus</i> , <i>Crocus speciosus</i> , ecc.).
	Fiori tagliati a strisce di <i>Papaver rhoeas</i> L., <i>Punica granatum</i> , <i>Arnica montana</i> e <i>Scolimus hispanicus</i> .
	Stami di alcune specie di garofano.
	Peperone rosso macinato.
	Piante erbacee tagliate in pezzi e tinte con un colorante azoico.
	Piccole radici di <i>Allium porrum</i> .
	Polvere di legno di sandalo e di legno di campecho.
Curcuma.	
Aggiunta di sostanze animali:	Fibre di carne salata ed essiccata.
Aggiunta di prodotti artificiali:	Fili di gelatina colorati.
Aggiunta di coloranti organici:	Giallo di Martins, tropeolina, fucsia, acido picrico, tartrazina, eritrosina, scarlatto o ponceau 4R, azorubina, giallo di quinoleine, giallo aranciato, giallo naftolo, rosso 2G, amaranto, arancione II, rocellina, rosso allura.

1.2.24 Valutazione economica

Un agricoltore vuole, prima di tutto, valutare dal punto di vista economico una qualsiasi coltivazione.

Queste riportate a titolo esemplificativo sono le spese e i guadagni ipotizzati nel primo anno della coltura, il più costoso, considerando tutte le operazioni necessarie su un terreno di 1000 m² (in cui sono piantati circa 55 bulbi/m²):

COSTI		
Operazioni colturali	Tipo di operazione	Costo €
Preparazione del terreno	Concimazioni	300
	Aratura	25
	Fresatura	10
	Tracciatura solchi	24
Piantagione	Acquisto bulbi	6000
	Piantagione manuale	300
Raccolta	Raccolta dei fiori (30 ore ipotizzate)	300
	Mondatura ed essiccazione (105 ore ipotizzate)	1050
	TOTALE COSTI	8009

REDDITI		
Zafferano al 10 % di umidità	0,5 kg prodotti con 4000 €/kg di valore	2000
	TOTALE REDDITI	2000

SALDO	-6009
--------------	--------------

I costi dei lavori manuali, pagati 10 €/ora, se svolti direttamente dal coltivatore hanno un'incidenza minore. Anche le concimazioni rappresentano un costo variabile: se si possiede un terreno già ricco (come potrebbe essere un terreno a riposo), l'intervento da effettuare è sicuramente minore; inoltre se si interviene con letame maturo, magari anche a costo zero, l'importo diviene ancor più basso.

Nel secondo anno della coltura si prevede una diminuzione dei costi (al massimo sul terreno potremmo intervenire con una sarchiatura e una fresatura per il controllo delle malerbe) e un aumento dei ricavi (i bulbi sono raddoppiati); aumentano, come conseguenza dell'aumento della produzione, i costi di raccolta, mondatura ed essiccazione:

COSTI		
Operazioni Colturali	Tipo di operazione	Costo €
Diserbo	Sarchiatura e fresatura	270
Raccolta	Raccolta dei fiori (75 ore ipotizzate)	750
	Mondatura ed essiccazione (200 ore ipotizzate)	2000
TOTALE COSTI		3020

REDDITI		
Zafferano al 10 % di umidità	1 kg di prodotto con 4000 €/kg di valore	4000
TOTALE REDDITI		4000

SALDO	980
--------------	------------

Nel terzo anno avremo la massima produzione di stimmi essiccati:

COSTI		
Operazioni Colturali	Tipo di operazione	Costo €
Diserbo	Sarchiatura e fresatura	270
Raccolta	Raccolta dei fiori (110 ore ipotizzate)	1100
	Mondatura ed essiccazione (250 ore ipotizzate)	2500
TOTALE COSTI		3870

REDDITI		
Zafferano al 10 % di umidità	1,5 kg di prodotto con 4000 €/kg di valore	6000
TOTALE REDDITI		6000

SALDO	2130
--------------	-------------

Nel quarto anno la produzione di stimmi diminuirà ma possiamo considerare un'ulteriore e importante nuova voce di guadagno: la vendita dei bulbi in eccedenza.

COSTI		
Operazioni Colturali	Tipo di operazione	Costo €
Diserbo	Sarchiatura e fresatura	270
Raccolta	Raccolta dei fiori (75 ore ipotizzate)	750
	Mondatura ed essicazione (200 ore ipotizzate)	2000
	Estirpazione dei bulbi (35 ore ipotizzate)	350
TOTALE COSTI		3370

REDDITI		
Zafferano al 10 % di umidità	1 kg di prodotto con 4000 €/kg di valore	4000
Bulbi	10000 bulbi	10000
TOTALE REDDITI		14000

SALDO	10630
--------------	--------------

Facendo un resoconto totale del ciclo colturale quadriennale:

	Saldo €
Anno 1	-6009
Anno 2	980
Anno 3	2130
Anno 4	10630
TOTALE	7731

Un guadagno di quasi 8000 € in 4 anni di coltivazione su un terreno di 1000 m² che, relazionato alle normali superfici agricole si potrebbe considerare piccolo, può rappresentare sicuramente un reddito interessante (Workshop Internazionale Progetto Saffron Interreg III C, 2006).

1.3 La Qualità dello Zafferano

1.3.1 Tecniche per la determinazione dei parametri di qualità

Le principali metodiche utilizzate si basano su analisi effettuate con l'uso di tecniche di gas cromatografia – spettrometria di massa (GC-MS) e di spettrofotometria.

Con l'utilizzo di tecniche in GC-MS si indagano i composti volatili presenti, e con la spettrofotometria si indagano i livelli composti caratterizzanti il potere amaricante (picrocrocina), il potere odoroso (safranale) e il potere colorante (crocina).

Le norme ISO 3632:2003 (parte 1 e parte 2) definiscono tre classi (I, II, III) che identificano qualitativamente lo zafferano:

Tabella 5: Categorie qualitative e i parametri relativi definiti dalle norme ISO 3632:2003

Caratteristiche	Categorie		
	I	II	III
Residui Floreali % max	0,5	3	5
Corpi Estranei (foglie steli, paglia, altro materiale vegetale) % max	0,1	0,5	1
Umidità e componenti volatili % max:			
Zafferano in filamenti	12	12	12
Zafferano in polvere	10	10	10
Ceneri sulla SS % max	8	8	8
Potere Amaricante espresso in lettura diretta dell'assorbenza della picrocrocina a 257 nm sul secco	≥ 70	≥ 55	≥ 40
Potere aromatico espresso in lettura diretta dell'assorbenza del safranale a 330 nm sul secco			
Min	20	20	20
Max	50	50	50
Potere colorante espresso in lettura diretta dell'assorbenza di crocina a 440 nm sul secco	≥ 190	≥ 150	≥ 100
Coloranti acidi artificiali idrosolubili	Assenti	Assenti	Assenti

2 Scopo del lavoro

Il presente lavoro ha come obiettivo la stima dell'opportunità di valutare la coltivazione dello zafferano nell'area dell'Alta Vallecamonica, mediante il monitoraggio di campi sperimentali, collocati nelle zone di Loritto e Edolo (Bs), valutando l'attecchimento e la crescita dei bulbi in relazione alle caratteristiche pedo - climatiche dell'area. Gli aspetti qualitativi degli stimmi essiccati sono stati valutati mediante analisi qualitative dei composti volatili basate sulla gascromatografia e spettrometria di massa (GC/MS) e sulla spettrofotometria, in accordo con le vigenti norme ISO 3632:2003.

Valutazioni agronomiche e qualitative sono state effettuate anche sul materiale proveniente dall'azienda "Al Muràs" di Pozzolengo (BS), che ha fornito i bulbi coltivati a Loritto e a Edolo.

3 Materiali e metodi

3.1 Collocazione dei campi e influenze climatiche

Entrambi i campi sperimentali sono situati in alta Valle Camonica, in provincia di Brescia; la frazione di Loritto, nel comune di Malonno, è situata a 983 m s.l.m ai piedi del monte Piz Tri, in una zona ben esposta al sole.

Edolo si trova a 720 m s.l.m., ad un'altitudine quindi più bassa e in una posizione più riparata, trovandosi in una sorta di conca naturale.

Il campo di Loritto (circa 40 m²) si trova appena fuori dal piccolo abitato ad una quota poco più alta (circa 1050 m s.l.m.) in un'area un tempo adibita alla coltivazione delle patate e da alcuni anni utilizzata come prato da sfalcio. Il terreno si trova inoltre in una zona particolarmente ventosa, risultando quindi meno umido, ed è in pendenza, qualità positiva al fine di evitare ristagni idrici.

Il piccolo campo di Edolo (circa 2 m²) si trova in via Monte Colmo, vicino alla strada che sale verso la frazione di Mu, in un'area un tempo adibita a frutteto ora utilizzata in parte come orto. La superficie è esposta a sud, risultando quindi particolarmente soleggiata, ed è in pendenza. L'azienda "Al Muràs", fornitrice dei bulbi, si trova a Pozzolengo, comune dell'entroterra gardesano in provincia di Brescia, inserito in un contesto di dolci colline moreniche al confine tra le provincie di Brescia, Mantova e Verona e caratterizzato da un clima definibile sub-mediterraneo, tendenzialmente mite.

3.2 Aspetti colturali dei campi sperimentali

- **Loritto:** Dopo un'aratura si è proceduto al modellamento di cinque parcelle parallele larghe circa 120 cm, lasciando un passaggio tra una e l'altra, volto a semplificare le operazioni di raccolta. Successivamente su ogni parcella sono state create tre file di solchi paralleli, distanziati tra loro 30 cm, in cui sono stati messi a dimora i bulbi distanziati tra la fila di 15 cm.



Figura 5: Messa a dimora dei bulbi nel campo di Loritto.

Per ogni fila sono stati piantati circa 43 bulbi per un totale di circa 630 bulbi (in peso 11,5 kg).

Dopo circa quindici giorni dalla messa a dimora è stato effettuato il rincalzo del terreno intorno ai bulbi e saltuariamente sono state estirpate le infestanti.

La raccolta dei fiori è durata dal 14/10/2011 al 11/11/2011, fornendo 1192 fiori che, dopo mondatura ed essiccazione soprattutto su brace (ma anche in stufa e legna e forno) hanno fornito circa 7,12 g di stimmi essiccati.

- **Edolo:** Il terreno è stato prima vangato, eliminando nel contempo i sassi più grossi, e successivamente sono stati creati tre solchi, distanti tra loro 30 cm (praticamente lo stesso sesto d'impianto del campo di Loritto), in cui sono stati piantati 27 bulbi distanziati sulla fila di 15 cm. Il rincalzo del terreno intorno ai bulbi è stato effettuato il giorno successivo alla semina e periodicamente sono state estirpate le infestanti.



Figura 6: Campo di Edolo.

La fioritura è durata circa 10 giorni tra metà ottobre e metà novembre; i fiori raccolti sono stati circa una settantina e dopo mandatura ed essiccazione nel forno di una stufa a legna, hanno fornito circa 0,3 g di stimmi essiccati.

Le differenze salienti riscontrate tra i due campi sperimentali sono state: il clima; sicuramente a Loritto, considerata l'altitudine maggiore rispetto Edolo, troviamo condizioni più fresche abbinate anche a una moderata ventosità data dalla posizione del terreno.

Altra differenza è l'epoca del ricalzo; a Loritto l'operazione è stata effettuata quindici giorni dopo la semina mentre a Edolo solamente dopo un giorno.

Un'altra importante difformità è rappresentata dal metodo usato per l'essiccazione degli stimmi; a Loritto gli stimmi sono stati sottoposti ad un classico essiccamento su brace mentre a Edolo la medesima azione disidratante è stata effettuata per mezzo di un forno di una stufa a legna.

Sono simili invece i sestri d'impianto dei bulbi.

3.3 Analisi del suolo

Le analisi del terreno sono state effettuate seguendo le seguenti procedure:

1. **Prelievo del campione di suolo:** i prelievi sono stati eseguiti con una vanga asportando i primi 25 cm di suolo ed eliminando lo strato più superficiale (2-3 cm, ricchi di residui vegetali). Nel caso di colture arboree o da rinnovo la profondità di prelievo è maggiore.

Essendo le superfici da prelevare inferiori ad 1 ettaro è stato preparato un solo campione per ogni terreno; questo è stato ottenuto mescolando cinque sub campioni prelevati in modo casuale, in punti diversi e distanziati.

Nel caso di superfici superiori ad 1 ettaro, invece, vengono preparati quattro campioni ognuno dei quali ottenuto mescolando quattro sub campioni (un totale quindi di sedici campioni) prelevati sempre casualmente ed in punti distanziati.

2. **Preparazione del campione da sottoporre ad analisi:** in principio è stato fatto essiccare all'aria il campione da analizzare e successivamente lo si è fatto passare per un setaccio (che può avere una maglia di dimensioni variabili da 2 mm o da 0.5 mm di grandezza, a seconda delle quantità di campione a disposizione) separando così la terra fine dallo scheletro.

L'umidità residua è determinata dalla seguente formula:

$$U (\%) = \frac{(P_{\text{umido}} - P_{\text{secco}})}{P_{\text{umido}}}$$

3. **Valutazione scheletro:** è stata determinata la percentuale di scheletro sul totale pesando le due parti di terreno ottenute dalla precedente setacciatura.
4. **Determinazione del pH:** è stata preparata una soluzione aggiungendo acqua deionizzata (oppure cloruro di potassio) ad un campione di suolo nella

proporzione: suolo : acqua = 1 : 2,5. In seguito è stato agitato il tutto meccanicamente per circa 15 minuti e poi, dopo mezz'ora di riposo, è stato misurato il pH con il pHmetro.

5. **Determinazione della tessitura apparente:** è stata preparata una soluzione con 10 ml di sodio esametafosfato, 200 ml di acqua deionizzata e 10 g di suolo (vagliato a 2 mm). Dopo avere agitato il tutto per 2 ore è stata versata la soluzione nel levigatore ed è stata portata a volume (25 cm di altezza). Dopo aver agitato il levigatore sono stati effettuati tre prelievi di soluzione da 10 ml ciascuno dopo 2 minuti, 12 minuti e 20 ore.

Nel primo prelievo, chiamato frazione A, si deposita la sabbia e rimangono in soluzione limo grosso, limo fine e argilla; nel secondo prelievo, la frazione B, in soluzione contiene limo fine e argilla mentre in deposito sabbia e limo grossolano e, nell'ultimo prelievo, la frazione C mostra in soluzione argilla e deposita sabbia sottile, limo grossolano e limo sottile.

Al termine di ognuno dei tre prelievi la soluzione è stata disposta su una piastra petri tarata e poi essiccata in stufa 105 °C.

Per calcolare poi le percentuali di tessitura apparente sono stati applicati i seguenti calcoli:

$$\text{Limo grossolano} = (A-B) \cdot V_l / V_p \cdot 100 / P$$

$$\text{Limo fine} = (B-C) \cdot V_l / V_p \cdot 100 / P$$

$$\text{Argilla} = (C-D) \cdot V_l / V_p \cdot 100 / P$$

$$\text{Sabbia} = \text{completamento fino a } 100$$

Legenda:

P = Peso del campione (10 g)

A, B, C = frazioni prelevate dal levigatore

D = Peso di 10 ml di sodio esametafosfato (0,008 g)

V_l = Volume levigatore (500 ml)

V_p = Volume prelevato (10 ml)

6. **Frazionamento del carbonio organico:** sono stati pesati 5 grammi di suolo (precedentemente setacciati a 0,5 mm) in una beuta e sono stati aggiunti 50 ml di soluzione di pirofosfato di sodio ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$). Successivamente si è posto il tutto in bagnetto Dubnoff (bagno termostatico a scuotimento) per 24 ore a 65°C con 80 scosse al minuto.

Finito questo trattamento è stata travasata la soluzione in un ditale che, successivamente, è stato posto in centrifuga per 20 minuti a 6500 giri/min; dopo ciò si sono prelevati 10 ml che sono stati posti in un altro ditale che a sua volta, dopo un'acidificazione con acido solforico fino a $\text{pH} < 2$, è stato posto in centrifuga.

A questo punto si è ottenuta la separazione del surtante (acidi fulvici e composti non umificati, la frazione solubile) dal precipitato (acidi umici).

Il surtante è stato poi versato su una colonna con polivinilpirrolidone (la frazione non trattenuta dalla resina rappresenta i composti non umificati) e gli sono stati aggiunti prima 20 ml di acido solforico 0,005 N e poi 20 ml di soda 0,5 N, fino a eluire tutti gli acidi fulvici trattenuti dalla resina.

A questo punto è stato determinato il carbonio delle due frazione attraverso ossidazione con bicromato di potassio a caldo.

7. **Determinazione dell'azoto:** sono stati pesati 2 g di suolo in tubo per mineralizzatore e sono stati aggiunti prima 20 ml di acido solforico e poi i catalizzatori (Cu e MgO_4); a questo punto è stata eseguita una mineralizzazione a caldo finché la soluzione non si è presentata di colore verde acqua.

Successivamente sono stati posti in una beuta 10 ml di acido borico (soluzione satura) e di indicatore acido – base (rosso metile e verde bromo cresolo).

In questo momento sono stati inseriti, nella parte sinistra di un distillatore, il tubo mineralizzatore e, nella parte destra, la beuta precedentemente preparata. Dopo aver aggiunto soda alla soluzione mineralizzata è stata eseguita una distillazione sulla soluzione stessa fino a quando il liquido condensato nella beuta ha perso di basicità.

L'operazione si è conclusa titolando la soluzione nella beuta con H_2SO_4 0,001N.

Per esprimere numericamente i risultati sono stati fatti i seguenti calcoli:

$$\frac{N \cdot g}{kg} = \frac{A \cdot N \cdot 14 \cdot D}{P}$$

Con:

A = ml di H₂SO₄ usati per la titolazione

N = normalità dell'H₂SO₄ 0,001N

D = diluizione (in questo caso 1)

14 = peso molecolare dell'azoto

3.4 Analisi qualitativa

3.4.1 *Analisi spettrofotometrica (norme ISO 3632:2003)*

Le norme ISO (International Organization for Standardization) con la specifica tecnica 3632 del 2003 elabora in due parti (1 e 2) le specifiche e le metodiche di test sullo zafferano.

Le normative ISO riguardanti lo zafferano hanno origine nel 1975 e hanno subito quattro modifiche: nel 1980, nel 1993, nel 2003 e nel 2010.

Nelle prima modifica del 1980 si è adattata la norma al commercio internazionale della spezia; qui si trova l'introduzione delle tre categorie commerciali (I, II e III) con tolleranze di residui floreali fra il 7 e il 20 %, valori minimi relativi al potere colorante, alle ceneri totali, al contenuto in azoto e all'estratto solubile in acqua fredda. Inoltre vengono indicati i valori di umidità massima consentita per lo zafferano in filamenti (14%) e per quello in polvere (8%).

Nell'edizione successiva, quella del 1993, si trovano importanti cambiamenti grazie all'introduzione della spettrofotometria a raggi ultravioletti visibili; le categorie commerciali diventano quattro (I, II, III, IV) classificate secondo il contenuto di crocina, picrocrocina e safranale. A titolo di esempio il potere colorante doveva avere i seguenti valori minimi, in ordine crescente a seconda delle categorie: 190, 150, 110 e 80 ($E_{1\text{cm}}^{1\%}$ 440).

Altre novità riguardavano l'eliminazione dei criteri per determinare le percentuali minime per l'estratto solubile in acqua fredda e azoto e nuovi parametri per i tenori di umidità, sostanze volatili e cellulosa.

La modifica del 2003 riduce a tre le categorie commerciali alzando i valori minimi di potere colorante necessari per poter chiamare zafferano un prodotto commerciale (almeno $100 E_{1\text{cm}}^{1\%}$ 440).

Inoltre sono stati uniformati per le tre categorie i contenuti di ceneri totali sul secco (8 %) e sono state eliminate le specifiche riguardanti azoto e cellulosa.

Nelle analisi effettuate si è fatto riferimento alle metodiche e ai valori della penultima normativa, quella del 2003:

- Innanzi tutto si è calcolata la perdita in peso percentuale; sono stati posti in stufa (termostatica a 105°C) 0,5 – 1 g di zafferano fino a quando la massa non è rimasta costante (questo perché l'essiccazione ha eliminato l'umidità contenuta e le sostanze volatili). A questo punto si è determinata la percentuale di secco con questo calcolo:

$$\% \text{ secco} = (\text{massa finale} / \text{massa iniziale}) * 100$$

- Si è proceduto pesando 500 mg di zafferano (scarto consentito 1 mg) e ponendoli in un flacone volumetrico di 1000 ml, in cui sono poi stati inseriti anche 900 ml di acqua distillata.

Successivamente, dopo un'ora di agitazione del campione al buio (tramite agitatore meccanico a 1000 giri/minuto) e a temperatura ambiente (con 18-22 °C si può evitare di termostatare), si è portato a volume fino a 1000 ml (sempre con acqua distillata) ed è stata effettuata una nuova agitazione per omogeneizzare il tutto. Nel passaggio seguente si sono prelevati di 20 ml di soluzione e sono stati posti in un nuovo contenitore volumetrico di 200 ml, portandolo a volume sempre con acqua distillata e agitando il tutto per omogeneizzare.

Quest'ultima soluzione, dopo filtrazione con un filtro idrofilo di politetrafluoretilene (PTFE) dotato di pori del diametro di 0,45 μm . , è stata posta in una provetta al quarzo da dove si è registrato lo spettro (tra 200 e 700 nm) della soluzione tramite spettrofotometro, utilizzando l'acqua come liquido di riferimento.

Nelle norme viene indicato un esempio di spettro di assorbimento per questa soluzione alle lunghezze d'onda prima citate; sensibili variazioni di tale spettro segnalano la presenza di adulterazioni.

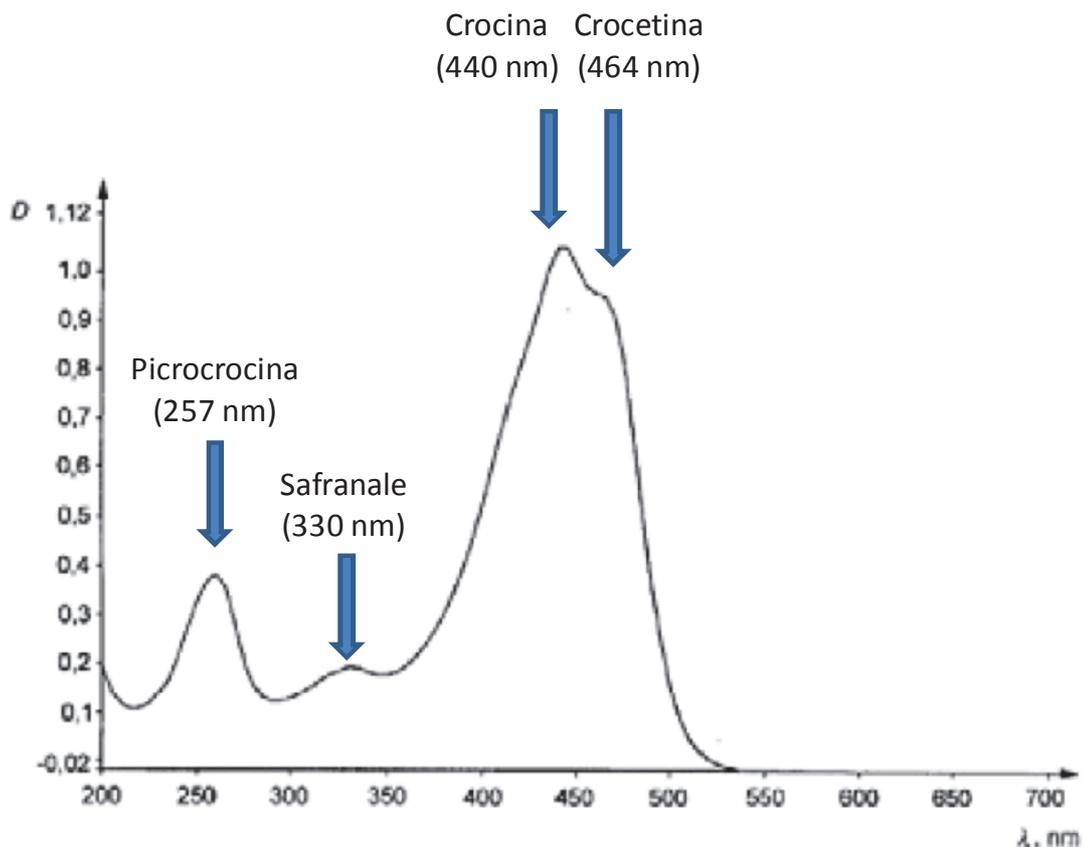


Figura 7: Esempio di spettro d'assorbimento dello zafferano.

L'assorbimento a 440 nm corrisponde alla crocina e si pone in relazione al potere colorante del campione analizzato. Alla lunghezza d'onda di 330 nm si trova il safranale, molecola responsabile del potere odoroso ed aromatico mentre a 257 nm la picrocrocina, a cui si deve il potere amaricante.

Nello stesso picco di assorbimento della crocina troviamo poi la crocetina (464 nm); queste due molecole, essendo molto simili tra loro, assorbono a una lunghezza d'onda molto simile. La crocetina si forma per rapida idrolisi della crocina ed è responsabile del colore rossastro.

- A questo punto sono state calcolate le percentuali di potere colorante, potere amaricante e potere odoroso del campione in base alle seguenti formule:

$$E_{1\text{cm}}^{1\%} \text{potere colorante} = [A(440 \text{ nm}) * 20.000] / \% \text{ secco}$$

$$E_{1\text{cm}}^{1\%} \text{potere amaricante} = [A(257 \text{ nm}) * 20.000] / \% \text{ secco}$$

$$E_{1\text{cm}}^{1\%} \text{potere odoroso} = [A(330 \text{ nm}) * 20.000] / \% \text{ secco}$$

Con: $E_{1\text{cm}}^{1\%}$ = assorbanza di una soluzione all'1%, con cammino ottico di 1 cm
20.000 = volume diluizioni totali con acqua distillata

Apparecchiatura :

- Spettrofotometro doppio raggio UV/visibile
- Cuvette di quarzo da 1 cm
- Pipetta tarata da 5 ml
- Beuta da 100 ml
- Cilindro da 100 ml
- Imbutto a gambo corto
- Filtro a pieghe di carta rapida tipo Scheleier & Schulls 0858 o Macherey-Nagel 713 o Whatman 41
- Agitatore magnetico con ancoretta magnetica lunga 2-3 cm
- Bagno termostatico

3.4.2 *Analisi gascromatografica associata alla spettrometria di massa (GC/MS)*

L'estrazione dei composti volatili è stata eseguita mediante tecnica di microestrazione su fase solida dello spazio di testa (HS-SPME) e l'identificazione mediante Gas-Cromatografia e Spettrometria di Massa (GC-MS).

Questa metodologia si basa sull'analisi dei composti volatili estratti dallo spazio di testa del campione posto in vials utilizzando una fibra composta di polidimetilsilossano (PDMS).

- **Preparazione dei campioni:** Tutti i campioni sono stati preparati mediante polverizzazione con Vibromulino Retsch MM400 (1 min a 30 Hz) al fine di ottenere una buona rappresentatività ed omogeneità degli stessi. 100 mg di polvere veniva posto poi in vials, chiuse ermeticamente con tappo e setto di

silicone/PTFE (Supelco, Bellefonte, PA, USA), e successivamente estratto con fibra SPME.

- **Estrazione dei composti volatili:** Alla fine del periodo di equilibratura (1h), una fibra condizionata (1,5 h a 250 °C) polidimetilsilossano (PDMS) veniva esposta (3 h) nello spazio di testa mediante auto campionatore CombiPAL (CTC analytics, Switzerland).

La temperatura di 25 °C è stata scelta per l'estrazione al fine di prevenire eventuali alterazioni della matrice vegetale (ossidazione e perdita di alcuni composti).

Al fine di mantenere costante la temperatura durante l'analisi le vials sono state mantenute su di un supporto termostato (CTC Analytics, Zwingen, Switzerland).

- **Identificazione delle sostanze volatili mediante gascromatografia e spettrometria di massa:** Le sostanze volatili estratte mediante HS-SPME sono state identificate con gascromatografo Trace GC Ultra (Thermo-Fisher Scientific; Waltham, MA, USA) accoppiato ad uno spettrometro di massa DSQII a singolo quadrupolo (Thermo-Fisher Scientific; Waltham, MA, USA) equipaggiato con una colonna Rtx-Wax (30 m; 0.25 mm i.d.; 0.25 µm film thickness, Restek, USA).

Il programma di temperatura del forno è stato: temperatura iniziale di 35°C per 8 minuti, fino a 60 °C con variazione di 4 °C/min, da 60 °C a 160 °C con variazione di 6 °C/min ed infine da 160 °C a 200 °C con variazione di 20 °C/min. Le eventuali contaminazioni e picchi derivanti dalla fibra sono stati individuati regolarmente con l'esecuzione di prove in bianco.

Dopo ciascuna analisi le fibre venivano poste nell'iniettore del gascromatografo per 5 min a 250 °C per prevenire contaminazioni. Le iniezioni sono state eseguite in modalità splitless (8 min). Il gas di trasporto utilizzato è elio con flusso costante di 1 ml/min.

La transfer line era mantenuta a 230 °C e la temperatura della sorgente era di 250 °C. Lo spettro di massa è stato ottenuto utilizzando un detector selettivo ad impatto elettronico a 70 eV, con elettro moltiplicatore con voltaggio pari a 1456 V, e registrando i dati con frequenza 1 scan s⁻¹ nel range m/z di 30-350.

Le condizioni di estrazione HS-SPME sono state ottimizzate e selezionate in accordo con la metodica proposta da D'Auria, 2002.

I composti sono stati identificati comparando il tempo di ritenzione dei picchi del cromatogramma con quelli di composti standard analizzati alle stesse condizioni quando disponibili.

L'identificazione dello spettro di massa è stato eseguito tramite comparazione con quelli di composti puri ed utilizzando il database degli spettri MS del National Institute of Standards and Technology (NIST) .

L'analisi di ogni campione di zafferano (espressa come percentuale) è stata condotta attraverso la misura delle aree dei picchi rapportate alla totalità degli stessi.

4 Risultati e discussione

4.1 Analisi del suolo

I risultati dell'analisi dei suoli sono riportate nelle seguenti tabelle 6, 7 e 8:

Tabella 6: suolo prelevato nella frazione di Loritto (983 m s.l.m.) nel comune di Malonno

Parametro	Valore	Metodica
pH(H₂O)	6.10	Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo” (MUACS) D.M. del 13/09/99. G.U. n. 185 del 21 ottobre 1999.
Carbonio organico (% s.s.)	0.6	Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo” (MUACS) D.M. del 13/09/99. G.U. n. 185 del 21 ottobre 1999.
Azoto totale (% s.s.)	0.05	Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo” (MUACS) D.M. del 13/09/99. G.U. n. 185 del 21 ottobre 1999.
C/N	12	Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo” (MUACS) D.M. del 13/09/99. G.U. n. 185 del 21 ottobre 1999.
Scheletro	61%	
Sabbia (% Sulla terra fine)	68	
Limo (% Sulla terra fine)	11	
Argilla (% Sulla terra fine)	21	

Tabella 7: suolo prelevato in comune di Edolo (720 m s.l.m.)

Parametro	Valore	Metodica
pH(H₂O)	7.58	Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo” (MUACS) D.M. del 13/09/99. G.U. n. 185 del 21 ottobre 1999.
Carbonio organico (% s.s.)	1.1	Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo” (MUACS) D.M. del 13/09/99. G.U. n. 185 del 21 ottobre 1999.
Azoto totale (% s.s.)	0.08	Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo” (MUACS) D.M. del 13/09/99. G.U. n. 185 del 21 ottobre 1999.
C/N	14	Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo” (MUACS) D.M. del 13/09/99. G.U. n. 185 del 21 ottobre 1999.
Scheletro	21%	
Sabbia (% Sulla terra fine)	65	
Limo (% Sulla terra fine)	7	
Argilla (% Sulla terra fine)	28	

Tabella 8: Suolo prelevato in comune di Pozzolengo

Parametro	Valore	Metodica
pH(H₂O)	8.60	Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo” (MUACS) D.M. del 13/09/99. G.U. n. 185 del 21 ottobre 1999.
Carbonio organico (% s.s.)	2.2	Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo” (MUACS) D.M. del 13/09/99. G.U. n. 185 del 21 ottobre 1999.
Azoto totale (% s.s.)	0.14	Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo” (MUACS) D.M. del 13/09/99. G.U. n. 185 del 21 ottobre 1999.
C/N	16	Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo” (MUACS) D.M. del 13/09/99. G.U. n. 185 del 21 ottobre 1999.
Scheletro	0%	
Sabbia (% Sulla terra fine)	54	
Limo (% Sulla terra fine)	9	
Argilla (% Sulla terra fine)	37	

Per quanto riguarda la tessitura, nella figura 8 sono riportati i risultati riscontrati nelle diverse località di sperimentazione:

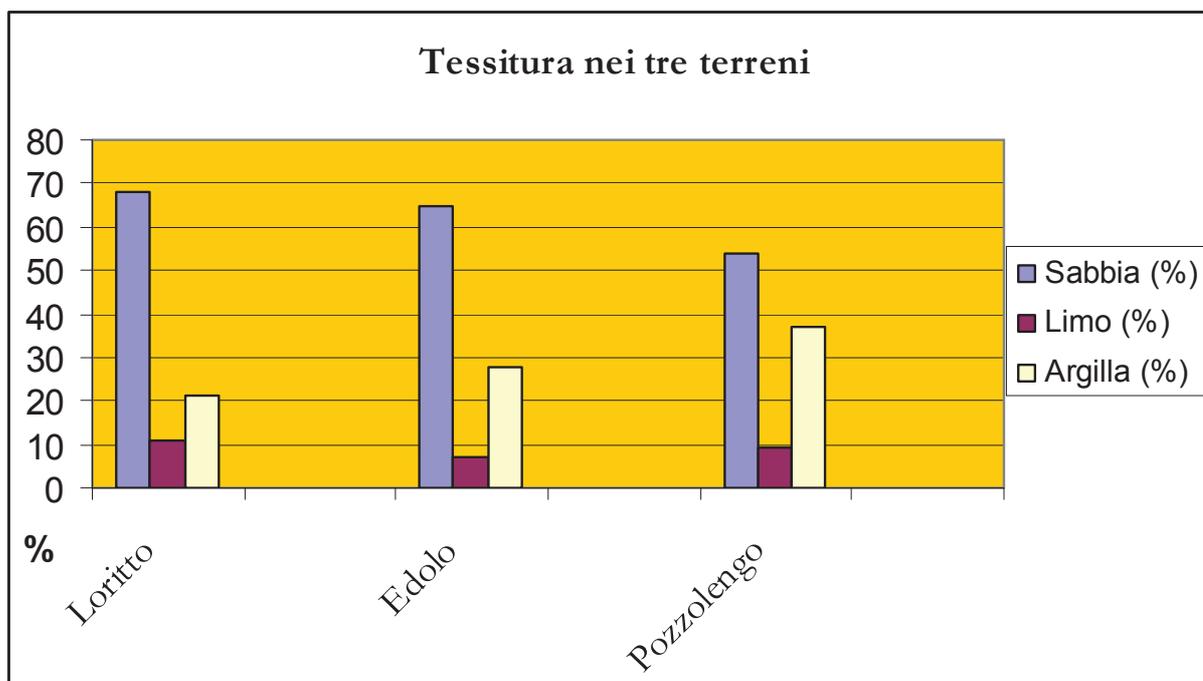


Figura 8: Tessitura nei tre terreni

Valutando nello specifico lo scheletro, nel terreno di Pozzolengo esso risulta assente (0%) probabilmente anche a causa della setacciatura al campionamento particolarmente curata oltre al fatto che il terreno è coltivato da circa 10 anni, quindi particolarmente seguito sotto questo aspetto.

Nel terreno di Edolo lo scheletro è risultato in percentuale relativamente bassa se consideriamo che quella parte di appezzamento è incolta da diverso tempo (21%), probabilmente grazie all'eliminazione dei sassi più grandi effettuata all'atto della vangatura.

Il campione di Loritto ha una percentuale di scheletro alta (61%) che si fa rende visibile anche ad occhio nudo.



Figura 9: Eccessivo scheletro nel campo di Loritto.

Risulta infatti vivamente consigliato un intervento di spietramento poiché una presenza eccessiva di pietre potrebbe influire negativamente sul ricaccio dei bulbi, limitando lo sviluppo della parte epigea.

Infine si riscontra in tutti e tre i campioni delle classi tessiturali ideali per la coltivazione dello zafferano, classificabili nel triangolo USDA come franco argilloso sabbioso (Loritto e Edolo) e argilloso sabbioso (Pozzolengo)

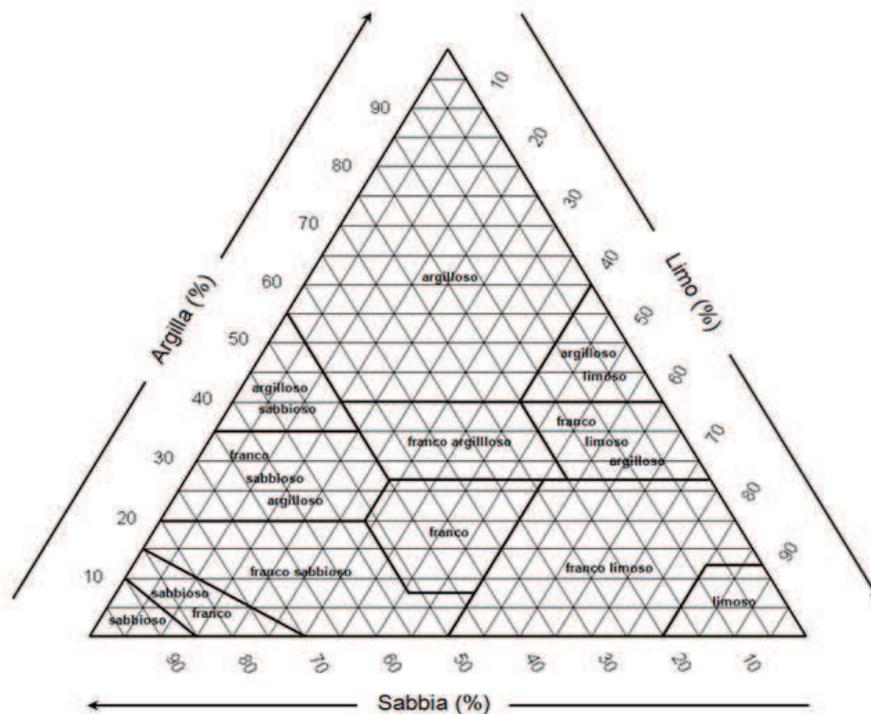


Figura 10: Triangolo USDA

La figura 11 riporta i valori di pH delle differenti località di coltivazione, posti a confronti:

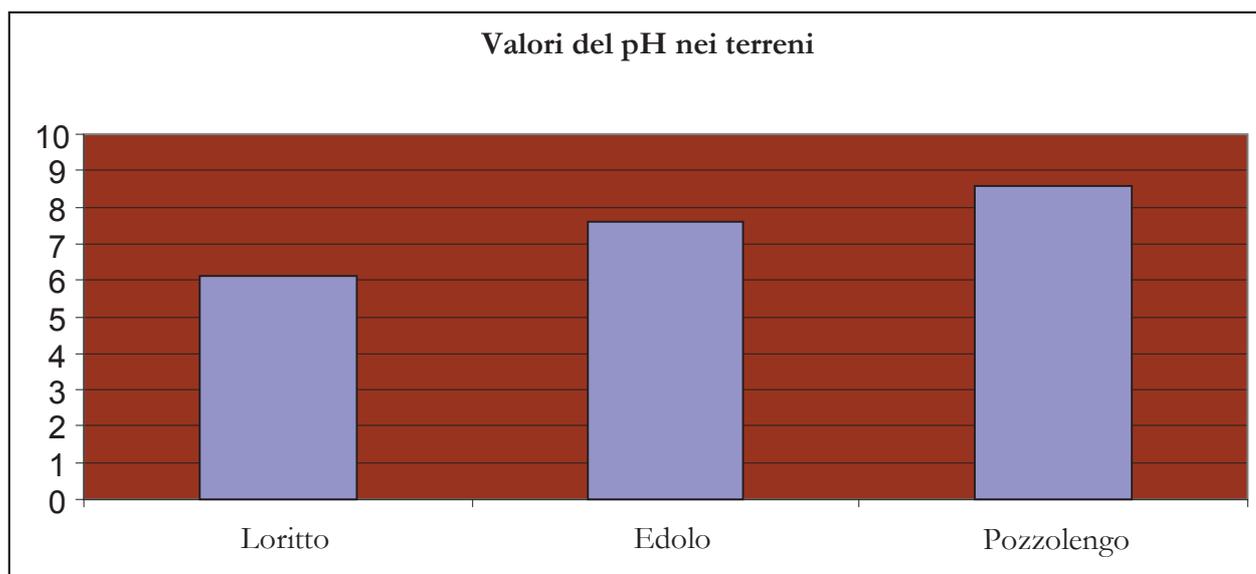


Figura 11: Valori del pH nei tre terreni analizzati.

Il valore del pH, in un terreno dove si coltiva zafferano, non risulta di particolare importanza ma, nel caso sia necessario assegnare una preferenza, questa è per i terreni sub-alcalini. Nel caso dei terreni analizzati il pH più alcalino è quello di Pozzolengo (8.60) seguito da Edolo (7.58) e Loritto, dove il pH è tendente all'acido (6.10).

Nella figura 12 sono rappresentati i valori del carbonio organico e dell'azoto totale nei tre terreni analizzati:

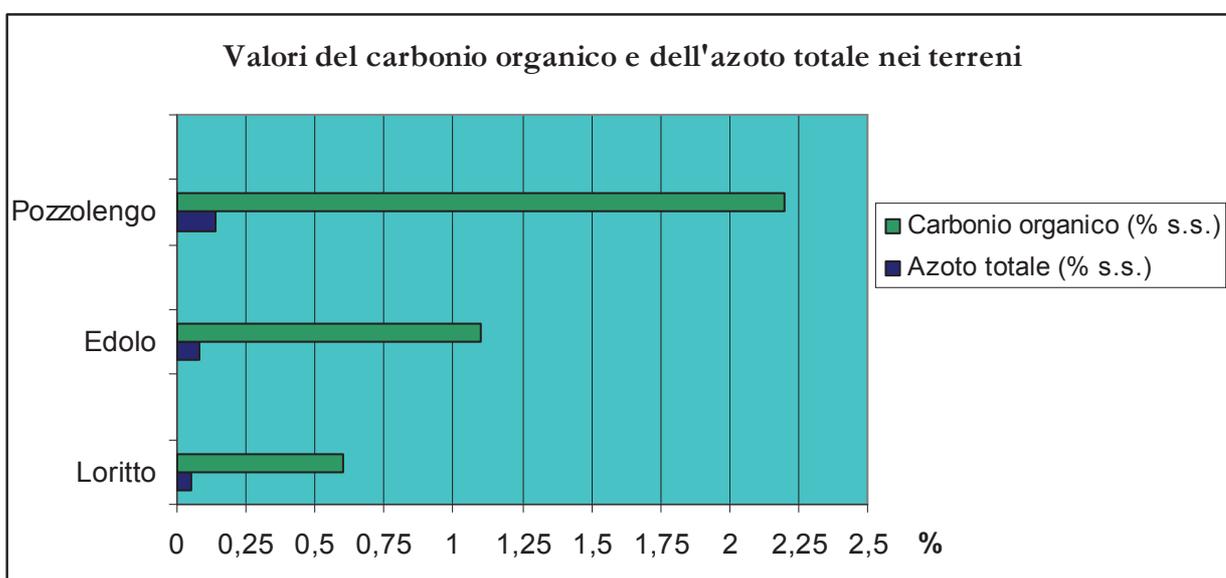


Figura 12: Valori del carbonio organico e dell'azoto totale nei tre terreni analizzati.

Il valore del carbonio organico (% s.s.) è importante al fine di valutare la ricchezza del terreno in sostanza organica e quindi di nutrienti disponibili per la pianta; il valore più alto, nei nostri campioni, è stato riscontrato a Pozzolengo (2.2) il doppio esatto rispetto a Edolo (1.1) e più del triplo di Loritto (0.6).

Anche l'azoto totale (% s.s.) risulta maggiore nel terreno di Pozzolengo (0.14); questo dato è sicuramente associabile al fatto che sia a Loritto che a Edolo non è stata effettuata alcuna concimazione organica, diversamente da quanto avvenuto all'azienda "Al Muràs".

4.2 Attecchimento, crescita, sviluppo e rese

Una valutazione sull'attecchimento è stata fatta contando, sui campi sperimentali di Loritto e Edolo, i bulbi che hanno manifestato sviluppo vegetativo in superficie relazionandolo poi ai bulbi piantati.

A Loritto e Edolo sono stati piantati rispettivamente circa 630 e 27 bulbi; nei rilievi effettuati sono stati contati 615 bulbi in attività a Loritto e 26 a Edolo. Le percentuali di attecchimento sono quindi risultate superiori al 90% in entrambi i campi.

Sono stati inoltre contati i getti per ogni bulbo; mediamente, per ambedue i terreni, è risultato uno sviluppo di circa due getti per ogni tubero.

L'eccessivo scheletro riscontrato, soprattutto nel campo di Loritto, ha sicuramente inciso negativamente sia sull'attecchimento che sullo sviluppo dei getti; questo perché le pietre presenti rappresentano un ostacolo sia per lo sviluppo radicale (limitando l'accrescimento delle radici) che per lo sviluppo vegetativo (ostacolando la crescita dei getti che, generandosi nella parte superiore dei bulbi, risalgono il terreno verso la superficie).

Confrontando le rese, a Loritto per ottenere un grammo di stimmi secchi sono serviti 167 fiori (risultato ottenuto dividendo il numero dei fiori totali con i grammi di prodotto finale ottenuto) mentre a Edolo occorrono 233 fiori per ottenere un grammo di zafferano essiccato.

4.3 Analisi qualitativa

4.3.1 *Analisi spettrofotometrica (norme ISO 3632:2003)*

Di seguito sono riportati i risultati delle analisi qualitative sui campioni di zafferano oggetto di studio. In particolare le tab. 9, 10 e 11 mostrano i risultati dell'analisi spettrofotometrica condotta secondo la normativa ISO 3632:2003.

**Tabella 9: risultati dell'analisi spettrofotometrica del campione di Loritto, secondo la
normativa ISO 3632:2003**

CAMPIONE DI LORITTO						
PRODOTTO SECCO				PRODOTTO UMIDO COMMERCIALE		
Oggetto analisi	Risultato	Tollerabilità	Valori minimi (rif. 1a Q. ISO)	Oggetto analisi	Risultato	Tollerabilità
PERDITA IN PESO secondo norme ISO	6,5	± 2 %	max 10 %			
POTERE COLORANTE $E^{1\%}_{1\text{cm}} A \sim 440 \text{ nm}$ secondo norme ISO	223,8	± 1 %	min 190	POTERE COLORANTE $E^{1\%}_{1\text{cm}} A \sim 440 \text{ nm}$ secondo norme ISO	209,3	± 1 %
POTERE AMARICANTE $E^{1\%}_{1\text{cm}} A \sim 257 \text{ nm}$ secondo norme ISO	96,6	± 1 %	min 70	POTERE AMARICANTE $E^{1\%}_{1\text{cm}} A \sim 257 \text{ nm}$ secondo norme ISO	90,3	± 1 %
POTERE ODOROSO $E^{1\%}_{1\text{cm}} A \sim 330 \text{ nm}$ secondo norme ISO	24,8	± 1 %	min 20 max 50	POTERE ODOROSO $E^{1\%}_{1\text{cm}} A \sim 330 \text{ nm}$ secondo norme ISO	23,2	± 1 %

**Tabella 10: risultati dell'analisi spettrofotometrica del campione di Edolo, secondo la
normativa ISO 3632:2003**

CAMPIONE DI EDOLO						
PRODOTTO SECCO				PRODOTTO UMIDO COMMERCIALE		
Oggetto analisi	Risultato	Tollerabilità	Valori minimi (rif. 1a Q. ISO)	Oggetto analisi	Risultato	Tollerabilità
PERDITA IN PESO secondo norme ISO	8,0 (stimato)	$\pm 2 \%$	max 10 %			
POTERE COLORANTE $E^{1\%}_{1\text{cm}} A \sim 440 \text{ nm}$ secondo norme ISO	208,7	$\pm 1 \%$	min 190	POTERE COLORANTE $E^{1\%}_{1\text{cm}} A \sim 440 \text{ nm}$ secondo norme ISO	192	$\pm 1 \%$
POTERE AMARICANTE $E^{1\%}_{1\text{cm}} A \sim 257 \text{ nm}$ secondo norme ISO	80,7	$\pm 1 \%$	min 70	POTERE AMARICANTE $E^{1\%}_{1\text{cm}} A \sim 257 \text{ nm}$ secondo norme ISO	74,2	$\pm 1 \%$
POTERE ODOROSO $E^{1\%}_{1\text{cm}} A \sim 330 \text{ nm}$ secondo norme ISO	27,9	$\pm 1 \%$	min 20 max 50	POTERE ODOROSO $E^{1\%}_{1\text{cm}} A \sim 330 \text{ nm}$ secondo norme ISO	25,7	$\pm 1 \%$

**Tabella 11: risultati dell'analisi spettrofotometrica del campione di Pozzolengo,
secondo la normativa ISO 3632:2003**

CAMPIONE DI POZZOLENGO						
PRODOTTO SECCO				PRODOTTO UMIDO COMMERCIALE		
Oggetto analisi	Risultato	Tollerabilità	Valori minimi (rif. 1a Q. ISO)	Oggetto analisi	Risultato	Tollerabilità
PERDITA IN PESO secondo norme ISO	6.2	± 2 %	max 10 %			
POTERE COLORANTE E ^{1%} _{1cm} A ~ 440 nm secondo norme ISO	270	± 1 %	min 190	POTERE COLORANTE E ^{1%} _{1cm} A ~ 440 nm secondo norme ISO	253.3	± 1 %
POTERE AMARICANTE E ^{1%} _{1cm} A ~ 257 nm secondo norme ISO	99.9	± 1 %	min 70	POTERE AMARICANTE E ^{1%} _{1cm} A ~ 257 nm secondo norme ISO	93.7	± 1 %
POTERE ODOROSO E ^{1%} _{1cm} A ~ 330 nm secondo norme ISO	27.0	± 1 %	min 20 max 50	POTERE ODOROSO E ^{1%} _{1cm} A ~ 330 nm secondo norme ISO	25.3	± 1 %

La figura 13 mostra il confronto tra i parametri qualitativi valutati nei campioni di zafferano provenienti dalle tre località.

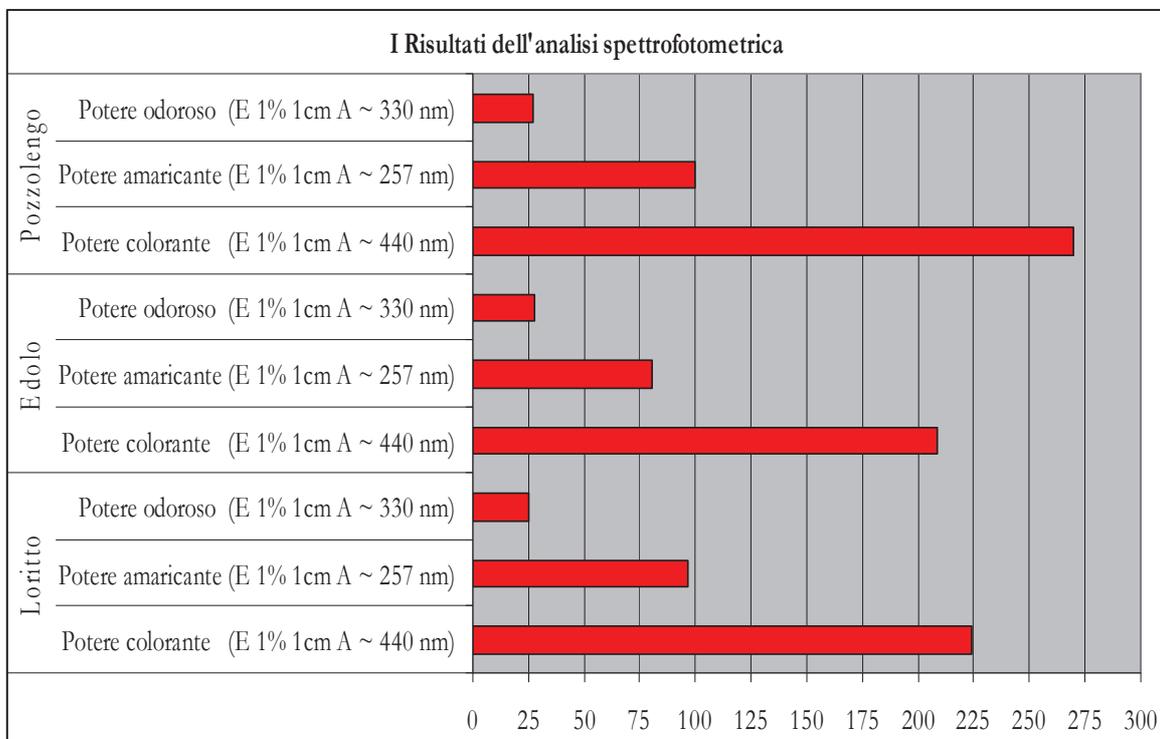


Figura 13: confronto dei risultati dell'analisi spettrofotometrica dei tre campioni analizzati

Tutti i parametri dei tre campioni analizzati rientrano nei range di prima qualità in base alla norma ISO 3632:2003.

Nello specifico gli stimmi provenienti dall'azienda "Al Muràs" sono risultati i migliori. Questo risultato è riconducibile a diversi fattori ma tutti "figli" dell'esperienza ormai più che decennale che l'azienda di Pozzolengo ha maturato nella coltivazione di questa specie.

Le caratteristiche del suolo di Pozzolengo, ottime per la coltivazione dello zafferano, risultato di anni di buone pratiche agronomiche, insieme all'uso di segatura molto fine e tostata come pacciamante rappresentano due dei fattori che probabilmente incidono positivamente sulla qualità del prodotto finale. Nondimeno, una influenza delle condizioni climatiche delle diverse località può influenzare significativamente le caratteristiche qualitative delle produzioni.

Incidono fortemente sui contenuti in potere colorante, amaricante e odoroso del prodotto finale i tempi, le temperature e le modalità con cui si effettua l'essiccazione degli stimmi freschi.

È infatti dimostrato come la temperatura ideale di essiccazione sia relativamente bassa, tra i 40 e i 55 °C, dal momento che la componente volatile, la picrocrocina e la crocetina risultano avere livelli più alti nel prodotto finale essiccato a queste condizioni. (Priscila del Campo, 2010).

A Pozzolengo gli stimmi sono stati essiccati in condizioni molto simili a quelle appena citate, ponendo gli stessi su un telaio in acciaio inox posto in vicinanza di alcune braci per circa 30 minuti. Invece, tale processo è stato adottato solo in modo parziale a Loritto, dove si è disidratato il raccolto su brace.

Il livello di safranale, composto volatile che si origina per idrolisi della picrocrocina durante l'essiccazione e lo stoccaggio, risulta maggiore nel campione di Edolo; questo probabilmente perché l'essiccazione degli stimmi freschi, effettuata nel forno di una stufa a legna, è avvenuta a temperature più elevate che favoriscono la formazione proprio del safranale (Priscila del Campo, 2010).

Il potere colorante, dato dalla crocina, aumenta all'aumentare dell'altitudine; questa è una peculiarità dei carotenoidi e potrebbe trovare giustificazione con l'aumento della radiazione ultravioletta (Zarinkamar, 2011).

Quest'ultima osservazione è verificata se si fa un confronto tra i livelli percentuali di crocina dei due campi sperimentali: a Loritto (circa 1050 m s.l.m.) il livello è più alto rispetto che a Edolo (720 m s.l.m.). Se però si valuta il valore di crocina del campione di Pozzolengo, che si trova a quota altimetrica decisamente minore, non si può confermare la correlazione tra altitudine e potere colorante.

C'è da sottolineare inoltre che i bulbi dell'azienda "Al Muràs" sono a dimora nel terreno da due anni mentre quelli di Loritto e Edolo sono al primo anno; è ipotizzabile quindi che i bulbi piantati l'estate scorsa in Valle Camonica siano ancora in una fase di "adattamento" climatico e pedologico, essendo nati in condizioni pedoclimatiche particolarmente differenti (colline moreniche gardesane).

Inoltre è dimostrato che i livelli qualitativi tendono ad aumentare già dopo due anni di messa e dimora (Interlandi, 2010).

4.3.2 *Analisi cromatografica delle sostanze volatili mediante gas-cromatografia e spettrometria di massa (GC-MS)*

Sono stati analizzati quattro campioni di zafferano essiccato provenienti dai campi sperimentali di Loritto e Edolo, dall'azienda "Al Murà" di Pozzolengo e da uno zafferano commerciale.

Al fine di confrontare i diversi campioni sono stati selezionati sei composti, considerando quelli corrispondenti ai picchi più rappresentativi in termini di abbondanza percentuale.

Nella tabella seguente vengono riportati i composti più rappresentativi, estratti con microestrazione in fase solida (SPME).

Tabella 12: composti più rappresentativi dei campioni analizzati

T.R.	Composto	Loritto	Edolo	Pozzolengo	Commerciale
26,3	SAFRANALE	66,85 %	64,33 %	37,37 %	42,71 %
28,1	2(5H)-FURANONE	1,53 %	0,94 %	1,66 %	Non rilevato
24,9	3,5,5-TRIMETIL, 2-CICLOESEN-1-ONE	4,13 %	9,55 %	10,59 %	15,09 %
21,8	ACIDO ACETICO	0,13 %	0,12 %	0,14 %	0,14 %
22,9	ISOMERO DEL SAFRANALE	2,96 %	3,07 %	2,09 %	1,93 %
27	2,2,6-TRIMETIL, 1,4-CICLOESANDIONE	2,41 %	4,34 %	7,72 %	7,03 %

La figura 14 mostra il confronto tra i livelli percentuali di safranale nei quattro campioni analizzati.

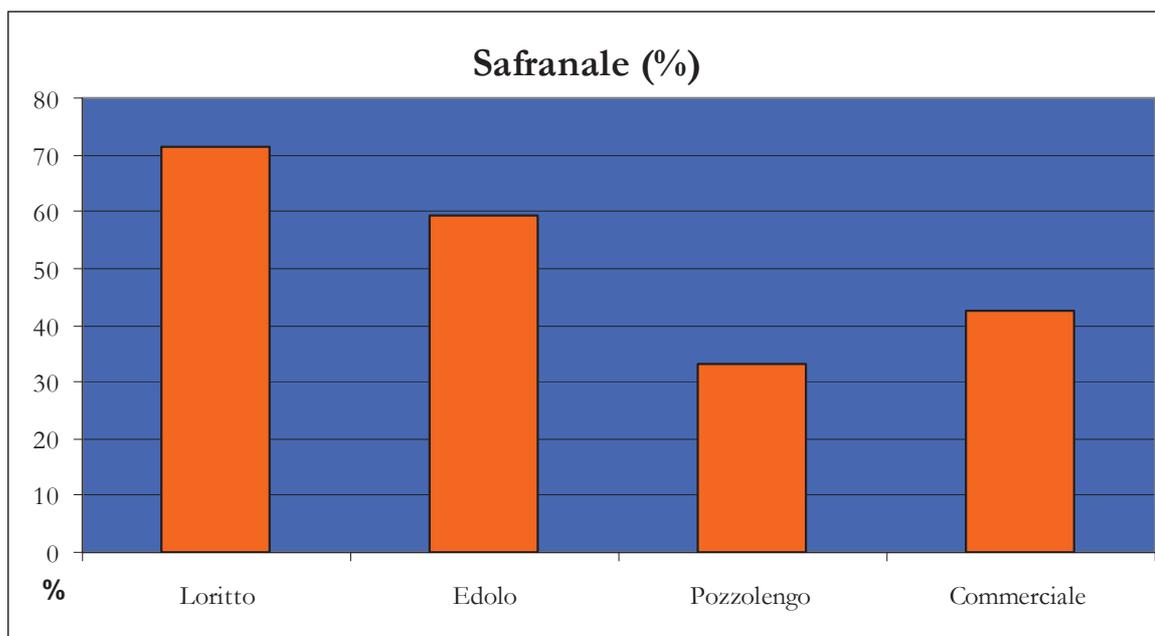


Figura 14: Percentuali di safranale nei quattro campioni analizzati

Anche l'analisi attraverso la gascromatografia e spettrometria di massa ha dato spunti interessanti; considerando i composti volatili corrispondenti ai picchi più significativi è stata notata una corrispondenza tra i composti volatili trovati nei campioni di Loritto e Edolo e gli stessi composti dei campioni provenienti da Pozzolengo e dallo zafferano commerciale.

Le differenze riguardanti la percentuale di safranale sul totale, che va dai livelli di Loritto (71,35%) e Edolo (59,65%) ai livelli più bassi dello zafferano commerciale (42,71%) e di Pozzolengo (33,16%) è prevedibile in quanto è dimostrato che i livelli di safranale nel prodotto finale dipendono sia dalle già citate condizioni di essiccazione (Priscila del Campo, 2010) che dal tempo in cui i bulbi sono a dimora nel terreno di coltivazione (Interlandi, 2010).

Nel secondo anno di coltivazione i livelli di safranale sul totale tendono a decrescere di circa il 40 % (Interlandi, 2010); è quindi plausibile ipotizzare che la medesima analisi sui campioni di Loritto e Edolo, provenienti dalla fioritura dell'autunno 2012 (quindi originata da bulbi a dimora da due anni), potrà fornire valori di safranale in linea con quelli già trovati nei campioni di Pozzolengo e dello zafferano commerciale.

Anche considerando il 2,2,6-trimetil-1,4-cicloesandione è confermabile una relazione tra le percentuali riscontrate e il tempo in cui i bulbi sono a dimora nel terreno di coltivazione. Al secondo anno della coltura le percentuali del 2,2,6-trimetil-1,4-cicloesandione aumentano cospicuamente (Interlandi, 2010); infatti nelle analisi svolte le percentuali risultano più che

raddoppiate nel campione di Pozzolengo (bulbi nel terreno da due anni) rispetto ai campioni di Loritto e Edolo (bulbi nel terreno da un anno).

Lo zafferano commerciale si segnala per i bassi livelli di acido acetico e alti livelli di 3,5,5-trimetil-2-cicloesen-1-one; per questo prodotto è ipotizzabile una provenienza estera e quindi questi risultati potrebbero essere una diretta conseguenza delle diverse situazioni pedoclimatiche.

5 Conclusioni

Le analisi degli stimmi tramite spettrofotometria e gascromatografia associata alla spettrometria di massa hanno dato delle valide indicazioni per la valutazione delle caratteristiche qualitative dello zafferano coltivato in Valle Camonica.

I terreni di coltivazione analizzati risultano idonei per la coltivazione del *Crocus sativus*; sia a Loritto che a Edolo la tessitura è franco argillosa sabbiosa, ottima per coltivare lo zafferano come qualsiasi altra bulbosa.

Il terreno di Edolo è preferibile a quello di Loritto in quanto caratterizzato da un pH più basico, da una minore percentuale di scheletro e maggior sostanza organica. Queste ultime due caratteristiche pedologiche sono comunque migliorabili attraverso buone pratiche di coltivazione.

Dall'analisi spettrofotometrica è risultato che i contenuti in crocina, picrocrocina e safranale (le sostanze responsabili rispettivamente del potere colorante amaricante e odoroso) degli stimmi provenienti da Loritto e Edolo sono risultati di ottimo livello, dando la possibilità di classificarli nella prima classe di qualità in base alle norme ISO 3632:2003.

L'analisi tramite gascromatografia e spettrometria di massa ha evidenziato che lo zafferano proveniente dai campi sperimentali possiede un contenuto in sostanze volatili potenzialmente comparabile a quello trovato nel *Crocus sativus* proveniente da Pozzolengo, risultato particolare valido, e allo zafferano commerciale.

A queste buone premesse è da associare la possibilità di un ulteriore miglioramento delle pratiche colturali e dell'essiccazione; in particolare quest'ultimo procedimento se effettuato con le giuste metodiche porta importanti miglioramenti delle caratteristiche qualitative degli stimmi.

Lo studio condotto evidenzia come dal punto di vista qualitativo la produzione possa essere raccomandata.

Bibliografia e sitografia

- Acciaro A., Arrabito A. (2008). “Lo zafferano”, U.O. 58 SOAT Enna.
- Amato A., Amelotti G., Bianchi A., Galigani P., Montorfano P., Zanzucchi C. (1989). “Zafferano, fonte di reddito alternativo per le zone svantaggiate”, *Agricoltura*, 196: 101–128.
- Autori vari (2006). “Libro bianco, Zafferano in Europa”, Workshop Internazionale Progetto Saffron Interreg III C SUD.
- Conti S. (2008). “Zahfran, la Chioma degli Angeli”, Relazione sullo zafferano.
- Cozzi R., Protti P., Ruaro T. (1997). “Analisi chimica strumentale”, Ed. Zanichelli.
- D’Auria M., Mauriello G., Rana G. (2002). “Volatile organic compounds from saffron”, *Flavour and Fragrance Journal*, 19: 17–23.
- Disciplinare di produzione DOP “Zafferano dell’Aquila”. *Gazzetta ufficiale dell’Unione europea*, 17.4.2004.
- Disciplinare di produzione DOP “Zafferano di San Giminiano”. Ministero delle politiche agricole e forestali, 28.4.2003.
- Disciplinare di produzione DOP “Zafferano di Sardegna”. *Gazzetta ufficiale dell’Unione europea*, 28.11.2005.
- D’Imporzano Giuliana, dispensa analisi del suolo.
- Interlandi S. (2010). Aspetti agronomici innovativi dello zafferano (*Crocus sativus* L.) in Sicilia, Dottorato di ricerca in produttività delle piante coltivate, Università degli studi di Catania.

- Kumar R., Singh V., Devi K., Sharma M., Singh M.K. & Ahuja P.S. (2008). “State of Art of Saffron (*Crocus sativus* L.)”, *Agronomy: A Comprehensive Review*, *Food Reviews International*, 25(1): 44-85.
- Moghaddasi M. (2010). “Saffron chemicals and medicine usage”, *Journal of Medicinal Plants Research*, 4(6): 427-430.
- Normativa ISO 3632:2003.
- Priscila del Campo C., Carmona M., Maggi L., Kanakis C., Anastasaki E., Tarantilis P., Polissioub M. and Alonso G. (2010). “Effects of mild temperature conditions during dehydration procedures on saffron quality parameters”, *Society of Chemical Industry*, 90(4):719-725.
- Regio decreto legge 12 novembre 1936, n.2217, Norme per la tutela della denominazione di “zafferano”.
- Sharafzadeh S. (2011). “Saffron: A Concise Review of Researches”, *Advances in Environmental Biology*, 5(7): 1617-1621.
- Zarinkamar F., Tajik S., Soleimanpour S. (2011). “Effects of altitude on anatomy and concentration of crocin, picrocrocin and safranal in *Crocus sativus* L”, *Australian Journal of Crop Science*, 5(7): 831-838.
- [Http: // naturopatiaonline.eu](http://naturopatiaonline.eu)

Ringraziamenti

Vorrei ringraziare le persone che mi hanno aiutato durante il lavoro di tesi.

Innanzitutto ringrazio il mio relatore, la Professoressa Anna Giorgi, e le due correlatrici, la Dottoressa Sara Panseri e la Dottoressa Manuela Sonia Mattara, per avermi seguito durante la stesura del lavoro.

Grazie anche per l'ospitalità a tutto lo staff del laboratorio del Professor Luca Chiesa.

Ringrazio i miei genitori per avermi sostenuto e sopportato in questi anni di studi.

Un grazie affettuoso alla mia cara Maria, che anche lei mi ha supportato e sopportato, soprattutto in quest'ultima fase di studi.

Tanti ringraziamenti anche a tutti gli amici e in particolar modo a quelli che con me hanno condiviso il cammino scolastico.

Un ultimo ringraziamento a tutti i parenti che mi sono stati vicini, rivolgendo un pensiero particolare a coloro che non ci sono più.