

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Agronomia, Animali, Alimenti, Risorse naturali e Ambiente

Corso di laurea in Scienze e Tecnologie Agrarie

Valutazione di pratiche colturali per la gestione del post raccolta di *Cannabis sativa* L.

Relatore

Prof. Stefano Bona

Correlatore

Dott.ssa Maddalena Cappello Fusaro

Laureando

Giovanni Petrella

1220814

Anno accademico 2022-23

Indice

| | |
|--|----|
| Riassunto | 5 |
| Abstract | 6 |
| 1. Introduzione | 7 |
| 1.1 Tassonomia | 8 |
| 1.2 Origine e diffusione | 8 |
| 1.3 Caratteristiche botaniche | 9 |
| 1.3.1 Fioritura | 10 |
| 1.3.2 Maturazione del frutto | 12 |
| 1.3.3 Effetti del fotoperiodo | 12 |
| 1.4 Esigenze climatiche | 13 |
| 1.5 Coltivazione | 15 |
| 1.5.1 Densità di semina e concimazione | 15 |
| 1.5.2 Modalità di propagazione | 16 |
| 1.5.3 Miglioramento genetico e CBD vs THC | 16 |
| 1.6 Cenni storici | 17 |
| 1.6.1 Storia antica | 17 |
| 1.6.2 Il medioevo e il rinascimento | 20 |
| 1.6.3 Rivoluzione industriale e storia moderna | 21 |
| 1.6.4 Proibizionismo | 23 |
| 1.7 Usi principali della <i>Cannabis sativa</i> L. | 24 |
| 2. Scopo della ricerca | 27 |
| 3. Materiali e metodi | 29 |
| 3.1 Descrizione sito di impianto e disposizione delle parcelle | 29 |
| 3.2 Lavorazioni in campo | 31 |
| 3.3 Rilievi in campo | 32 |
| 3.3.1 Considerazioni generali | 32 |
| 4. Risultati | 35 |
| 4.1 Rilievi di luglio | 35 |
| 4.2 Rilievi di Agosto | 38 |
| 5. Discussione | 44 |
| 6. Conclusioni | 47 |
| 7. Bibliografia | 49 |

Riassunto

La *Cannabis* (*Cannabis sativa* L.) è una specie erbacea annuale che è stata coltivata e diffusa dall'uomo in quasi tutte le parti del mondo, dai tropici alle pendici alpine. È una delle più antiche fonti vegetali utilizzata per produrre alimenti come olio e farina, fibra tessile, resina, e grazie alle sue componenti chimiche viene utilizzata come medicinali, ma anche come sostanza stupefacente. Questa sua applicazione in svariati ambiti è dovuta alla versatilità della pianta che permette l'utilizzo e la trasformazione di tutte le parti della pianta. La sua peculiare versatilità si può ritrovare anche nel suo adattamento all'ambiente: è una pianta che bene si adatta ai terreni più difficoltosi, come i terreni inquinati dai metalli pesanti, e anche alle condizioni metereologiche più differenti, la canapa si può coltivare in quasi tutto il mondo. Tuttavia, è una pianta che negli anni è stata posta al centro di diverse polemiche e accuse a causa dell'effetto psicotropo del cannabinoide tetraidrocannabinolo (THC). Nonostante questo, le politiche accusatorie si stanno attenuando e, negli ultimi anni, si sta riprendendo a coltivare la *Cannabis*. Con la ripresa della coltivazione è emerso un problema nel post raccolta della canapa: la difficoltà della distruzione dei suoi residui colturali; infatti, i fusti sono molto resistenti alle diverse attrezzature e facilmente si crea un ingolfamento delle macchine con le fibre del fusto. L'esperimento presentato in questa tesi aveva come obiettivo trovare una soluzione a questo problema. Presso l'azienda agraria L. Toniolo dell'Università di Padova, si è sperimentato l'uso di due tecniche agronomiche per provare ad ovviare a questa difficoltà dell'eliminazione dei residui colturali. Le due tecniche sono state l'utilizzo di diversi livelli di densità di semina e la cimatura della pianta. I risultati aspettati erano di ottenere piante con un fusto più sottile e che la cimatura, favorendo l'accrescimento di ramificazioni laterali, creasse dei punti di rottura dello stelo a livello dei nodi.

Abstract

Cannabis (*Cannabis sativa* L.) is an annual herbaceous species that has been cultivated and spread by man in almost all parts of the world, from the tropics to the alpine slopes. It is one of the oldest plant sources used to produce foods such as oil and flour, textile fiber, resin, and thanks to its chemical components it is used as medicines, but also as a narcotic substance. This application in various fields is due to the versatility of the plant which allows the use and transformation of all parts of the plant. Its peculiar versatility can also be found in its adaptation to different environments: it is a plant that adapts well to the most difficult soils, such as soils polluted by heavy metals, and also to the most different weather conditions, hemp can be grown in almost Worldwide. However, it is a plant that over the years has been placed at the center of various controversies and accusations due to the psychotropic effect of the cannabinoid tetrahydrocannabinol (THC). Despite this, in recent years *Cannabis* cultivation has been start again. With the resumption of cultivation, a problem emerged in the post-harvest of hemp: the difficulty of destroying its crop residues; in fact, the stems are very resistant to the different equipment and the machines are easily flooded with the fibers of the stem. The experiment presented in this thesis aimed to find a solution to this problem. At the L. Toniolo farm of the University of Padua, the use of two agronomic techniques was experimented to try to overcome this difficulty in eliminating crop residues. The two techniques were the use of different levels of sowing density and the topping of the plant. The expected results were to obtain plants with a thinner stem and that the topping, favoring the growth of lateral branches, created break points in the stem at the level of the nodes.

1. Introduzione

La *Cannabis sativa* L. è una pianta conosciuta in tutto il mondo e nell'ultimo periodo il mercato sta iniziando ad approfondire il suo interesse nei riguardi di questa pianta. La crescente attenzione in questa coltivazione è data sicuramente dalla sua versatilità, ovvero che può essere utilizzata per la fabbricazione di molti prodotti; basti pensare che viene adoperata in marina per la produzione di corde, nell'industria medica come farmaco per la cura di diverse malattie (Schultes, 1970; Bouloc, 2013), in ambito alimentare con la produzione di oli dietetici e alimenti derivanti dai semi (farine, semi decorticati...). Le sue applicazioni spaziano da un campo ad un altro scoprendo, o in alcuni casi riscoprendo, di giorno in giorno nuove applicazioni. La seconda ragione è perché le misure nazionali ed internazionali, applicate durante il secolo scorso e in parte ancora vigenti, sulla proibizione di coltivazione, commercio ed uso di questa pianta, stanno iniziando ad allentarsi (Anon, 2016). Il motivo principale che fece avviare queste politiche proibizioniste fu che la *Cannabis* era stata classificata come droga in quanto alcune varietà se assunte causano un effetto psicotropo (Duvall, 2014). Dal momento che, grazie al miglioramento genetico promosso dai genetisti, è possibile coltivare la stessa specie con assenza o bassissima persistenza (entro i limiti di legge) della molecola causatrice di effetti psicotropi (THC, tetraidrocannabinolo), le politiche sopracitate iniziano a mancare di senso. Il terzo punto si concentra sull'aspetto ambientale e industriale di questa pianta. In un mondo in cui si ricerca sempre di più la sostenibilità, la protezione dell'ambiente e un'economia circolare l'uso di prodotti ecosostenibili può essere una soluzione. Infatti, la canapa ha la capacità di poter sostituire molto facilmente dei prodotti dannosi per l'ambiente con alternative molto meno dannose e più attente all'ambiente. Per esempio, sostituire prodotti costituiti da polimeri artificiali di origine chimica con polimeri di sintesi biologica per produrre plastica biodegradabile, oppure sostituire i prodotti cosmetici di produzione artificiale e chimica con l'uso di prodotti costituiti da molecole totalmente naturali derivanti dalla *Cannabis* (Vogl, et al., 2004; Sapino, et al., 2005), o anche sostituire la produzione di capi di vestiario derivanti dal petrolio con vestiti costituiti da fibre derivanti dalla canapa. Sono tutte alternative molto più sostenibili per l'ambiente rispetto ai prodotti normalmente utilizzati.

Per cui la *Cannabis sativa*, premesse queste ragioni, nel mondo di oggi può essere un'ottima alternativa da tenere conto e da sfruttare per migliorare il modo ed il mondo in cui viviamo.

Nella coltivazione di *Cannabis* si presenta, tuttavia, un problema che rallenta la sua espansione nella coltivazione. Questo problema riguarda la difficoltà dell'eliminazione dei residui colturali di canapa dopo la raccolta. Per questo si è deciso di sperimentare delle tecniche colturali al fine di superare il problema dei residui colturali di *Cannabis* e permettere una coltivazione senza limitazioni e senza impedimenti.

1.1 Tassonomia

La pianta, dell'ordine delle *Rosales*, fa parte della famiglia della *Cannabaceae*. La comunità scientifica si trova, però, divisa sulla classificazione del genere *Cannabis*. Alcuni scienziati sostengono che il genere sia composto da tre specie che mostrano differenze fenotipiche distinte; vale a dire *C. sativa* L., *C. indica* Lam (Lamarck) e *C. ruderalis* (Sawler, et al., 2015; Clarke & Merlin, 2016; Henry, et al., 2020). Ma il punto di vista più riconosciuto ed accettato dalla comunità scientifica, però, è che la *Cannabis* sia un genere monotipico costituito da un'unica specie, la *Cannabis sativa* L. (Small & Cronquist, 1976) e che le specie *C. indica* e *C. ruderalis* siano attualmente considerate come delle varianti fenotipiche. Infatti, tutte le piante di *Cannabis* hanno un genoma diploide $2n = 20$ costituito da nove autosomi e una coppia di cromosomi sessuali (X e Y) (Braich, et al., 2019; McKernan, et al., 2020) che determinano il genere sessuale.

1.2 Origine e diffusione

La *Cannabis sativa* si presume sia originaria dell'Asia centrale. Si presume perché il territorio nativo di questa coltura antica è difficile da accertare dato che c'è molta incertezza su quale sia il centro d'origine. Perché per almeno gli ultimi 6000 anni la canapa è stata sfruttata dalle popolazioni locali fornendo ampie opportunità di insediamento al di fuori del suo areale originale (Abel 1980; Clarke e Merlin 2013). Infatti, tramite il continuo uso di questa pianta da popolazioni autoctone dell'Asia, nacquero centri di origine secondari che confusero la ricerca del centro iniziale d'origine. La difficoltà della ricerca è anche quella di determinare la specie originale cui si va

ricercando: la specie, nel corso dei millenni, è stata modificata, tramite selezione naturale e selezione genetica, scegliendo piante che si adattassero meglio all'ambiente e che adempissero al meglio ai bisogni umani, come per esempio dei bisogni alimentari (Schultes, 1970). Difatti semi di alcune popolazioni di *Cannabis* selvatiche trovate in India sono notevolmente piccoli a differenza di quelli raccolti da qualsiasi altra area dell'Asia centrale. Tali piante possono rappresentare un ecotipo specializzato per un ambiente diverso da quello originario: per esempio ambienti montani dove l'ambiente non è del tutto favorevole la pianta sia spinta a produrre semi più piccoli perché la loro produzione richiede meno energia. Un altro fattore che va a disturbare la ricerca dell'origine della *Cannabis* è la mancanza di prove scritte riguardanti appunto la *Cannabis*. L'uso e anche la coltivazione della canapa, son nate precedentemente alla scrittura comportando la mancanza di prove certe riguardanti, per esempio, il luogo di origine della *Cannabis*. Prendendo atto di ciò, studi hanno evidenziato come la pianta, presa ora in considerazione, fosse presente in epoca preistorica e che la sua ubicazione, tramite il ritrovamento di piante selvatiche della stessa specie, fosse apparentemente in Asia centrale senza però conoscerne la sua precisa posizione geografica.

1.3 Caratteristiche botaniche

La *Cannabis sativa* appartiene al gruppo delle piante erbacee con ciclo annuale, anche se la sua elevata altezza può ingannare: infatti la pianta può arrivare a misurare fino a 5 metri. Le condizioni ambientali, però, possono influenzare fortemente la crescita delle singole piante: difatti quando si coltiva in luoghi aridi con nutrienti del suolo carenti la *Cannabis* sviluppa una percentuale minima di foglie e può maturare e produrre semi quando è alta solo 20 centimetri. Se seminata con un'alta densità, in ambienti favorevoli, la pianta cresce con fusti alti, snelli ed eretti, se invece seminata con una densità bassa, sempre in condizioni favorevoli, la pianta esibisce maggior presenza di ramificazioni laterali. Presenta un apparato radicale profondo composto da un fittone che si sviluppa verticalmente e radici secondarie che crescono orizzontalmente. Mostra un fusto erbaceo particolarmente resistente all'allettamento che, assieme alle ramificazioni laterali se presenti, si accresce velocemente durante la fase vegetativa. La corteccia risulta essere interessante per la composizione unica della sua fibra, da cui si ricavano ottime corde ed

ottimi tessuti. Le prime foglie vere crescono in coppia e in orientamento opposto quando la pianta raggiunge circa i 10 cm sopra i due cotiledoni e normalmente sono di una decina di cm. Si definiscono palmato-sette, ovvero presentano le nervature irraggianti dal punto di inserzione del picciolo, e rievocano le sembianze di una mano con le foglioline della foglia che ne ricordano le dita di questa mano. Queste foglioline sono di numero 3 con la prima coppia di foglie, poi diverranno 5 con la seconda coppia di foglie, orientate sempre in senso opposto, poi 7, 9, 11 e fino ad un massimo di 13.

Il ciclo vitale della pianta dura in media dai 4 ai 6 mesi, ma ci possono essere delle situazioni in cui il ciclo viene prolungato fino ai 10 mesi oppure accorciato fino a 2 mesi. Queste eccezioni dipendono ovviamente dalle condizioni ambientali che si riscontrano durante la crescita: intensità luminosa e fotoperiodo, temperatura, presenza nutrienti e acqua ecc. In ambienti temperati, i semi vengono seminati all'aperto in primavera e di solito germinano in 3 o massimo 7 giorni. La crescita vegetativa in condizioni favorevoli è vigorosa, a tal punto che in climi caldi la pianta può crescere fino a 10 cm al giorno. La pianta si caratterizza per essere brevidiurna, ovvero che per andare in fioritura e maturare necessita di 12 o massimo 14 ore di luce durante il giorno. Infatti, la pianta entra nella fase riproduttiva quando le giornate iniziano a farsi più brevi comportando meno ore di luce solare, ovvero, nel nostro emisfero, a metà agosto/settembre.

1.3.1 Fioritura

È una pianta principalmente dioica, invero porta gli organi riproduttivi maschili e femminili su due piante distinte, ma esistono varietà anche monoiche: gli organi riproduttivi maschili e femminili sono sulla stessa pianta. Prima della fioritura il sesso della pianta è indistinguibile tranne che per delle tendenze generali nel portamento: in condizioni di minor densità le piante femminili tendono ad essere più corte e producono più rami laterali delle piante maschili. La fioritura segue fasi e modelli diversificati in base al sesso, maschile o femminile, della pianta. Il primordio del fiore maschile, ad inizio fioritura, può essere identificato dalla sua forma ricurva ad artiglio di granchio, seguita, subito dopo, dalla differenziazione di densi grappoli di boccioli di fiori rotondi e appuntiti, ciascuno con cinque segmenti radiali. Invece, il primordio florale femminile può essere identificato dall'allungamento di una brattea tubolare ricurva e affusolata (guaina florale).

In entrambi i sessi, all'inizio della fioritura, lo schema del numero crescente di foglioline si inverte e, con il progredire della fioritura, il numero di foglioline per foglia diminuisce fino a quando appare solo una piccola e singola fogliolina sotto ogni coppia di fiori.

Lo sviluppo dei rami che portano organi fioriti varia notevolmente tra maschi e femmine: le piante femminili sono frondose verso l'alto con molte piccole foglioline che sottendono i fiori strettamente affollati all'interno di grappoli eretti e compatti, mentre le piante maschili hanno solo poche piccole foglie che crescono sparsamente lungo gli arti fioriti allungati. I fiori maschili, che formano delle infiorescenze chiamate pannocchie, pendono da lunghi grappoli multi-ramificati e sciolti, formati da piccoli boccioli di fiori singoli (circa 5 millimetri) situati su un asse lungo fino a 30 centimetri. Diversamente i fiori femminili, che formano delle infiorescenze chiamate anch'esse pannocchie (oppure chiamate cime volgarmente), sono riuniti strettamente a grappolo e mostrano due lunghi stimmi pallidi o rosati. Questi stimmi sono degli organi sessuali femminili ricettivi del polline e sporgono da ciascuna brattea. La brattea misura da 2 a 8 millimetri di lunghezza e aderisce strettamente all'ovario, circondandolo completamente. Inoltre, essa è ricoperta da centinaia di tricomi ghiandolari (peli vegetali), di cui le ghiandole secernano una sostanza resinosa che ha diverse funzioni: può proteggere gli organi riproduttivi dall'eccessiva traspirazione, può respingere i parassiti (Clarke, 1981) e permette alla fecondazione di avere più successo consentendo al polline di aderire più facilmente all'organo riproduttivo femminile. Subito dopo la dispersione del polline, la pianta maschio muore. La pianta femmina, al contrario, può resistere fino a cinque mesi dopo la formazione di fiori vitali rimanendo fertile se le condizioni ambientali permangono favorevoli e se non viene uccisa dal gelo o da microrganismi nocivi. La *Cannabis* predilige un'impollinazione anemofila, ovvero impollinata dal vento; infatti, attraverso le correnti d'aria trasporta i granuli pollinici dai fiori maschili a quelli femminili.

Il meccanismo di produzione di resina della pianta risulta essere di rilievo per i produttori di canapa a scopo ricreativo/farmaceutico. Questo meccanismo viene utilizzato dai coltivatori di *Cannabis* che ricercano maggior effetti psicotropi, perché nella resina sono contenute alte percentuali della molecola THC (tetraidrocannabinolo). Questa molecola è famosa perché, se assunta, si lega al recettore CB1 del cervello umano influenzando il sistema sensoriale dell'uomo, il senso del piacere, il movimento, ovverosia produce effetti che alterano il sistema nervoso. Questa molecola per codesti effetti viene classificata da

molti Paesi come droga. La produzione di resina può essere incrementata tramite il prolungamento del ciclo di fioritura della pianta: infatti il meccanismo di produzione non si interrompe fino a quando la pianta non viene fecondata, o fino a quando il tempo medio di fioritura si esaurisce. Di conseguenza, se lo scopo è quello di avere un'elevata percentuale di THC nelle infiorescenze, si può puntare ad un'alta produzione di resina ponendo le condizioni adatte: piante monoiche femminili, assenza di piante maschili così da evitare la fecondazione e condizioni ambientali favorevoli alla crescita della pianta.

1.3.2 Maturazione del frutto

L'impollinazione del fiore femminile provoca un imbrunimento, un avvizzimento ed un'eventuale perdita degli stammi accoppiati. Segue un rigonfiamento della brattea tubolare all'interno della quale l'ovulo fecondato si allarga andando a formare il frutto. Il frutto matura dopo circa 3-6 settimane e se non viene raccolto, cade a terra staccandosi dalla pianta completando il ciclo di vita della pianta. Il frutto è un achenio, ovvero un frutto secco indeiscente con un solo seme al suo interno, ed è parzialmente circondato dalla brattea. Il frutto si mostra di colore marroncino-grigiastro cui trattiene strettamente il seme con all'interno un endosperma carnoso e un embrione curvo. L'achenio è leggermente allungato e schiacciato, misura da due a sei millimetri di lunghezza e da uno a quattro millimetri di diametro massimo. Il peso del seme dipende dalla varietà della pianta, di norma per le varietà selvatiche il peso è minimo, invero il peso di 1000 semi è circa 0,060 grammi; invece, per le varietà coltivate a seme il peso di 1000 semi si aggira a 66,67 grammi. Tutt'altro che insignificanti sono i valori nutrizionali del seme con un alto contenuto di fibre e proteine e la presenza di acidi grassi insaturi particolarmente interessanti. Infatti, si sta riscoprendo recentemente l'opportunità di implementare, oltre che l'alimentazione animale, anche la dieta umana con cibi derivanti dai semi di cannabis: come la pasta, la farina, i semi decorticati e l'olio di cannabis.

1.3.3 Effetti del fotoperiodo

In condizioni medie, con una durata normale del giorno da 12 a 14 ore, una popolazione di *Cannabis* fiorisce e produce un numero approssimativamente uguale di piante maschili e femminili. Il genere è determinato dall'eredità dei cromosomi sessuali X e Y: le piante

di sesso femminile ereditano i cromosomi XX, quelle maschili XY. Molti fattori, però, possono influenzare il genere delle piante. Questo aspetto è ancora poco conosciuto ed esplorato, ma si presume che determinati effetti ambientali possano avere un ruolo importante nella differenziazione sessuale della pianta: per esempio il fotoperiodo. Si pensa che la quantità di ore di luce che una pianta riceve nell'arco di una giornata possa alterare la differenziazione del genere sessuale delle piante. Lo studio non è ancora terminato e non si sa ancora il perché dell'effetto del fotoperiodo sulla differenziazione sessuale (Faux, et al., 2014).

1.4 Esigenze climatiche

Nella determinazione del fenotipo dell'individuo, oltre alla genetica della pianta, anche le condizioni ambientali svolgono un importante ruolo. Difatti sappiamo che diverse variabili ambientali influenzano la morfologia e la fisiologia di una pianta di *Cannabis*. I fattori ambientali chiave che ne influenzano la crescita e lo sviluppo delle piante, per esempio, sono luce solare, temperatura, densità di piantagione, umidità e condizioni del suolo (struttura e tessitura del suolo, presenza nutrienti e acqua, presenza fattori chimici...). Sebbene le piante di *Cannabis* siano termofile (amanti del calore) ed eliotropiche (amanti del sole), possono sopravvivere in zone ombreggiate e sono più tolleranti dell'ombra di molte piante coltivate, ma la loro biomassa e la produzione di polline e semi ne sarà notevolmente ridotta; perché la *Cannabis* prospera meglio in luoghi esposti alla luce solare dove non deve competere con piante più alte che potrebbero limitarne la crescita. Pertanto, le piante di canapa ritrovano un habitat favorevole per le loro esigenze in ambienti aperti e soleggiati. La *Cannabis* può acclimatarsi alle alte temperature se disponibili acqua e sostanze nutritive sufficienti, ma non tollera il freddo estremo. Per cui alle latitudini più elevate, la canapa è tradizionalmente piantata in tarda primavera e raccolta alla fine della breve estate, evitando così le basse temperature e la durata breve delle giornate in autunno che non permetterebbero la maturità della pianta; anche se, le giovani piante sono più resistenti al gelo rispetto alle piante che sono in fase di maturazione. Nei climi caldi e secchi, l'alto tasso di traspirazione della cannabis la renderà molto suscettibile all'appassimento. Tuttavia, la presenza di peli nei tricomi ghiandolari concentrati attorno alle infiorescenze, soprattutto dei fiori femminili, aiuta a

proteggere i tessuti riproduttivi dall'essiccamento: rallentandone fisicamente la perdita d'acqua e producendo una temperatura superficiale più bassa, quindi rallentando la traspirazione. La *Cannabis*, a parte nel primo periodo di germinazione e nella fase di emergenza, non richiede grandi quantità d'acqua, anche se predilige terreni ben drenati dove son disponibili riserve d'acqua. D'altra parte, condizioni aride o terreno saturo d'acqua possono causare un grave arresto della crescita e portare alla morte; questo perché soffre sia il ristagno idrico che la carenza idrica. Infatti, una condizione di carenza influisce negativamente sulla proliferazione delle radici, sullo sviluppo di rami e foglie, sulla produzione di semi e sulla secrezione di resina; invero un surplus di acqua porta ad un marciume radicale per asfissia. La canapa è generalmente una pianta alta che cresce in ambienti pianeggianti e l'ampio apparato radicale ha bisogno di un terreno facilmente esplorabile e ricco di nutrienti, un giusto drenaggio e un efficace assorbimento dei minerali essenziali del suolo. In condizioni naturali la *Cannabis* cresce meglio nei suoli alluvionali, sabbiosi e argillosi. Detto questo c'è da sottolineare la capacità della *Cannabis* a riuscire a adattarsi molto facilmente, riuscendo a crescere in ambienti caratterizzati da temperature diverse. Non solo, riesce a crescere anche in terreni difficili da coltivare come quelli sabbiosi, paludosi e perfino inquinati: si sta scoprendo un'interessante caratteristica di questa pianta, ovvero quella di riuscire a crescere su terreni inquinati ripulendoli (Linger, et al., 2002; Citterio, et al., 2003; Kos, et al., 2003; Vandenhove, et al., 2005). La *Cannabis* inoltre ha l'abilità, attraverso la produzione di sostanze allelopatiche, di limitare le invasioni di piante infestanti, comunemente chiamate malerbe. In più la sua coltivazione rigenera il terreno, rendendolo più fertile e adatto alle colture successive; infatti, viene definita una coltura "da rotazione" (Venturi, et Amaducci, 1999; Gorchs, et al., 2000).

La temperatura ideale per la crescita della pianta varia da fase a fase. In genere, però, si attesta a 20°-25° C, con minime sopportabili fino ai 15° C (si arresta la crescita ma la pianta riesce a sopravvivere) e critiche sotto i 5°-10° C (se la temperatura non si alza la pianta è destinata a morire in queste condizioni), invece le massime sopportabili sono 30°C e quelle critiche fino a 35°- 40° C. Il seme invece riesce a germinare tra i 5°- 7° C, di conseguenza la conservazione dev'essere ad una temperatura inferiore ai 5° C (è possibile congelare il seme ponendo una temperatura sottozero per una conservazione più duratura senza che l'embrione ne subisca un danno). Oltre a questo, bisogna tenere conto

di altri due fattori per la conservazione del seme: assenza di luce e valore di umidità che si attestano tra il 12-14%.

1.5 Coltivazione

1.5.1 Densità di semina e concimazione

La densità di semina risulta essere un fattore rilevante per la coltivazione, in particolare, per la *Cannabis*. Questo perché a densità differenti si intravedranno caratteristiche diverse: una piantagione fitta è ottima per la produzione di fibra; invece, una meno fitta è perfetta per la produzione di semi. Per cui si sceglie una densità di circa 100 piante per metro quadro nel caso di una piantagione da fibra; invece, per la produzione di semi si impiantano 20-30 piante per metro quadro. La differenza del numero di piante per metro quadro si riflette in una diversa capacità di crescita morfologica: negli appezzamenti con più piante, ovvero quelli per la produzione da fibra, la pianta, entra in competizione con le altre piante della sua stessa specie, mostrando una crescita maggiore in altezza; questo è un fattore positivo per i coltivatori perché il fusto è la materia prima da cui si ricava il prodotto finale, ovvero la fibra. D'altro canto, in coltivazioni più rade, le piante hanno più spazio per crescere e più nutrienti per pianta, quindi, possono crescere liberamente dando spazio alle ramificazioni secondarie in cui crescono infiorescenze che, fecondate, producono semi. Chiaramente, la fase di crescita vegetativa e poi quella di maturazione della pianta con produzione dei frutti, devono essere modulate dalla presenza adeguata di fattori necessari ed essenziali per la vita: luce solare, acqua ed elementi nutritivi.

La *Cannabis* non è una pianta particolarmente esigente in fatto di concimazioni; infatti, grazie al suo apparato radicale che si espande in profondità, riesce a ricavare la maggior parte delle sostanze che le necessitano per la crescita.

1.5.2 Modalità di propagazione

Tradizionalmente, la canapa da fibra è stata coltivata per seme. Al contrario, la *Cannabis* da farmaco/ricreativa viene generalmente propagata utilizzando metodi clonali. Viene scelta questa modalità di propagazione per ovviare il problema dell'alto livello di diversità fenotipica mostrata all'interno delle popolazioni di piantine e per produrre costantemente colture uniformi; perché la pianta di *Cannabis* presenta un alto tasso di loci eterozigoti in quasi tutti gli alleli, circa i 2/3, facendo sì che ci sia alta varianza genotipica e di conseguenza anche fenotipica. Sebbene questa variabilità esista anche nei semi di canapa per la produzione di fibre o semi, i vantaggi della propagazione clonale non giustificano i costi per la messa in pratica, dato che la produzione di fibre e semi oleosi produce un reddito inferiore rispetto alla produzione di cannabis da farmaco/ricreativa. Diversi sono i metodi di propagazione clonale, come per esempio micropropagazione o propagazione per margotta, ma abitualmente la *Cannabis* è stata propagata per talea; anche perché, la canapa è relativamente facile da radicare e un gran numero di piante può essere prodotto da un'unica pianta madre.

1.5.3 Miglioramento genetico e CBD vs THC

Il problema principale fu che il proibizionismo e le politiche restrittive, attuate dai vari stati nel XX secolo, hanno fatto sì che lo studio di questa specie si interrompesse per quasi un secolo, rallentandone di conseguenza il miglioramento genetico. Negli ultimi anni, però, si è visto un aumento dell'interesse per quanto riguarda la ricerca della *Cannabis*, grazie anche all'allentamento di quelle determinate politiche. Per cui tramite l'uso di varie tecniche dalla più conosciuta selezione genetica, passando per la varianza soma clonale, per poi arrivare all'editing genomico, i genetisti son riusciti ad apportare dei miglioramenti di natura genetica, per esempio: aumento della produzione di semi, aumento della resistenza al freddo, diminuzione di durata del ciclo senza variare la produzione, nuove cultivar più resistenti e riscoperta vecchie cultivar produttive, diminuzione del THC all'interno della pianta e dall'aumento di cannabinoidi non psicoattivi come il CBD (cannabidiolo) (Ranalli, 2020).

Il CBD è uno dei 142 fitocannabinoidi identificati nella pianta *Cannabis sativa*. È stato scoperto nel 1940 ma solo ultimamente ci si è accorti del suo potenziale intrinseco: è una

molecola dai molti benefici in ambito medico che non presenta, per ora, nessun effetto negativo. Difatti il CBD agisce come un importante composto entourage (agisce assieme ad altre molecole) in quanto è in grado di ridurre gli effetti collaterali del THC, (Englund, et al., 2012) aumentando la sicurezza degli estratti a base di cannabis. È stato dimostrato che il CBD, in studi in vitro e su animali, possiede, tra le altre, proprietà antiansia, anti-nausea, antiartriche, antipsicotiche, antinfiammatorie e immunomodulatorie (Burstein, 2015). Ha anche mostrato potenzialità come agenti terapeutici in modelli preclinici di malattie del sistema nervoso centrale come epilessia, malattie neurodegenerative, schizofrenia, sclerosi multipla, disturbi affettivi e modulazione centrale del comportamento alimentare (Hill, et al., 2012). Anche il THC presenta delle potenziali azioni benefiche come potenti attività antinfiammatorie, antitumorali, analgesiche, miorelassanti, neuro-antiossidanti (De Petrocellis, et al., 2011) e antispasmodiche (Pacher, et al., 2006). Tuttavia, il THC è stato spesso associato ad effetti negativi come: ansia, paranoia, deficit cognitivi e aumento probabilità di sviluppare, a soggetti predisposti, malattie mentali cliniche (come depersonalizzazione, depressione, schizofrenia...). C'è inoltre da ricordare che nella pianta *Cannabis* esistono molte altre molecole come altri fitocannabinoidi, terpeni, alcaloidi di cui ancora oggi si conosce poco e che un giorno potrebbero essere di rilievo per la vita dell'uomo.

1.6 Cenni storici

1.6.1 Storia antica

La storia della *Cannabis* ha origini molte antiche e radicate nella storia umana, si pensa che questa sia una delle prime piante che vennero coltivate e che quindi abbia contribuito alla nascita dell'agricoltura. La nascita dell'agricoltura ha determinato anche il passaggio dalla preistoria umana alla storia umana; quindi, si può affermare che la storia della *Cannabis* è parte della storia umana. I primi ritrovamenti risalgono a più di 10.000 anni fa, alla fine dell'era glaciale: macrofossili di frutti (achen) e semi sono stati trovati attaccati a frammenti di vasi nel sito archeologico di Okinoshima sulla costa Sud-Occidentale della penisola di Boso, nel Giappone Centrale. Per cui possiamo dire tranquillamente che già circa nell'8.000 a.C. la pianta e i suoi prodotti venivano utilizzati. Questo ci può far pensare che i primi contatti con l'uomo possano essere più antichi di quanto è stato ritrovato. Anche perché se prendiamo come certo che l'areale geografico

di nascita e riproduzione della pianta sia l'Asia Centrale, vorrà dire che la coltura è stata esportata in Giappone oppure che ci fossero già degli scambi commerciali tra le popolazioni dell'Asia Centrale e quelle del Giappone, e che quindi la conoscenza e coltivazione della *Cannabis* fossero da tempo scoperte. Sono state ritrovate anche delle prove archeobotaniche della coltivazione della pianta *Cannabis* nei siti Matsugasaki e Torihama (Matsui e Kanehara, 2006) all'incirca 6000-5200 anni fa. Inoltre, prove importanti provengono dall'antica Cina, 4000 anni a.C., dove la *Cannabis* era usata come fibra e fonte di cibo ma anche per funzioni medicinali e rituali. Sono stati trovati materiali realizzati in fibra di canapa in un sito del tardo neolitico e nel sito culturale neolitico Yangshao di Banpo è stata recuperata una ciotola di ceramica con impronte di canapa (Underhill, 1997). I semi carbonizzati datati dal 5500 al 4500 a.C. sono stati recuperati in un vasetto di ceramica all'interno di una casa sempre in Cina antica. La *Cannabis* non veniva utilizzata solo per produzione di cibo, ma venne utilizzata anche per altri scopi. Per esempio, veniva utilizzata nella produzione di vestiti, difatti, nei tempi confuciani esisteva la tradizione di indossare abiti di canapa durante il lutto, oppure era utilizzata nella produzione di carta: la carta più antica è stata ritrovata in una tomba datata prima dell'imperatore Wu 104–87 a.C. (Rubin, 1975). Addirittura, per comprendere quanto fosse radicata la coltura nella cultura e storia dell'umanità, si può fare riferimento alla leggenda cinese dell'imperatore Shen Nung vissuto nel 2700 a.C. Questa leggenda ci racconta come l'imperatore, divinità della religione cinese, insegnò al popolo come praticare l'agricoltura e come coltivare la canapa e alcuni cereali. Ma non solo: egli è considerato anche il patrono degli erboristi e farmacisti poiché, nella leggenda, ha istruito le persone sul valore medico delle erbe, tra cui la canapa. Infatti, le prime testimonianze storiche dell'uso della *Cannabis* nella medicina tradizionale sono state documentate nella più antica Farmacopea Cinese, la "*Shen Nung Pen Ts'ao Ching*" scritta nel I secolo a.C., che riporta tutti i rimedi tradizionali usati e somministrati per oltre duemila anni dal regno dell'imperatore Shen Nung (Jiang, et al., 2006). Pochissime sono invece le prove negli antichi testi cinesi sulle proprietà psicoattive della *Cannabis*, ad eccezione di un riferimento nel "*Pen Ts'ao Ching*", dove ci vengono riferiti gli effetti di troppa *Cannabis* ingerita: faceva "vedere i demoni" (allucinazioni) o "comunicare con gli spiriti". Infatti, è probabile che l'uso psicoattivo della *Cannabis* fosse riservato principalmente agli sciamani e che venisse usato a scopo religioso. Anche in India la storia della *Cannabis* ha

radici profonde e radicate non solo a livello di mera coltura ma a livello di religione, medicina, fonte di beni primari. La canapa era infatti considerata una fonte di felicità, capace di suscitare sentimenti di gioia e libertà ed era comunemente usata in molti riti religiosi, come riportato nel testo sacro “*Atharva Veda*”, un’antichissima raccolta di scritture sacre in sanscrito, scritta dagli Arii, un popolo indoeuropeo nomade arrivò in India nel 2000 a.C. L'uso medico della *Cannabis* si diffuse in India intorno al 1000 a.C. e non era chiaramente separato dalle pratiche religiose e rituali. Infatti, tutte le prove di uso medico ci son state date dal ritrovamento di alcuni testi sacri. La *Cannabis* veniva usata per i suoi effetti analgesici, anestetici, antiparassitari, antispastici, afrodisiaci, per stimolare l’appetito ecc... Anche in Tibet la *Cannabis* era considerata una pianta sacra ed era usata nel Buddismo Tantrico per facilitare le meditazioni. Inoltre, veniva applicata nella medicina tradizionale tibetana che ne attribuiva una fondamentale rilevanza alle proprietà curative delle piante.

Ritrovamenti nell’antichità riguardanti la *Cannabis* non vennero rilevati solo in Asia, ma anche in altre regioni geografiche. Come nell’antico Egitto in cui è stata ritrovata una scrittura su pietra dai testi delle Piramidi dell'Antico Regno Egizio a Memphis datato intorno al 2350 a.C. Fu trovato scritto il vocabolo geroglifico “shemshemet” indicante una pianta usata sia per la fabbricazione dei cordami che in medicina e che molto probabilmente si riferisce alla canapa. Se esatto, questo potrebbe rappresentare la più antica descrizione scritta della *Cannabis*. Non è tutto, sono stati ritrovati una moltitudine di papiri, per lo più medici, che trattavano come argomento principale la canapa e quello più antico è “*Papyrus Ramesseum III*” del 1700 a.C. Sono perfino state trovate fibre di canapa nella tomba di Amenophis IV (Akhenaton) a El-Amarna, circa 1350 a.C. Il polline di piante di *Cannabis* è stato anche identificato da campioni di suolo della metà del terzo millennio a.C. a Nagada e strati geologici di annata simile nel delta del Nilo orientale. Ancora più convincente è il ritrovamento di numerosi granelli di polline all'interno della mummia di Ramses II, morto nel 1213 a.C.

La *Cannabis* si diffuse, nell’antichità, anche in Europa. La via più probabile di diffusione della *Cannabis* in Europa e nel bacino del Mediterraneo fu attraverso il popolo degli Sciti o proto-Sciti, che si spostarono dall'Asia centrale attraverso la Russia circa 3500 anni fa. Anche se, per quanto riguarda i paesi europei, alcune evidenze paleobotaniche dimostrano la presenza di polline selvatico di tipo *Cannabis/Humulus* in Romania, Bulgaria e

Ungheria già 10.200–8500 anni fa (Sorenson, et Johannesse, 2009). Il problema è che sia il genere *Cannabis* che il genere *Humulus* facciano parte della stessa famiglia, la famiglia delle *Cannabaceae*, ed è risaputo che piante di *Humulus lupulus* fossero già presenti in suolo europeo. Di conseguenza si trova difficoltà nel determinare se effettivamente polline di *Cannabis* ed anche piante fossero presente nel territorio Europeo in quel periodo storico. Detto ciò, nei pressi del Lago Albano nei Colli Albani del Lazio in Italia sono stati segnalati alcuni granuli pollinici di *Cannabis* datati al 11.000 a.C. (Mercuri, Accorsi, et Bandini Mazzanti, 2002). Resti di canapa sono stati trovati anche nelle tombe degli Sciti risalenti al 450 a.C., trovati in Germania, Siberia e Ucraina.

1.6.2 Il medioevo e il rinascimento

Il Medioevo viene ricordato come uno dei periodi storici più bui della storia dell'umanità; infatti, avvenne una regressione della società umana, si formano piccole comunità separate e si perdono molte conoscenze che nei secoli antecedenti furono elementi importanti dell'umanità. Difatti, si persero anche molte informazioni e nozioni riguardanti la *Cannabis* soprattutto in ambito medicinale e farmacologico. L'ignoranza crebbe e la *Cannabis* venne spesso scambiata per oppio, così iniziò la sua repressione di quel tempo, che ha il suo culmine con la bolla papale emessa nel 1484 da papa Innocenzo VIII, in cui la *Cannabis* veniva condannata insieme alle pratiche "magiche" degli erboristici ed etichettata come "sacramento empio della messa satanica" (Frankhauser, 2002). Proseguì invece fiorentemente il suo impiego per la lavorazione della fibra tessile per la fabbricazione di cime, vele e gomene principalmente richieste dalle quattro Repubbliche Marinare italiane (Venezia, Genova, Pisa e Amalfi) e per la costruzione di archi. Durante il Rinascimento, venne utilizzata anche per la produzione di carta e tela (Clarke, et Merlin, 2013). Infatti, l'applicazione di maggior successo in quel periodo fu nell'ambito navale e tessile: la sua fibra versatile poteva essere usata sia nella fabbricazione di vele e corde resistenti, sia nella costruzione di comodi indumenti. Tuttavia, anche se poche, ci sono diverse prove dell'uso medicinale della *Cannabis* anche in epoca medievale. Per esempio, in un "*Erbario anglosassone*" dell'XI secolo d.C., veniva descritta come un anestetico e antinfiammatorio, oppure Santa Ildegarda (1098-1179 d.C.) descrisse le proprietà

farmacologiche della Cannabis nella sua opera "*Physica*", nota anche come "*Libro di medicinali semplici*".

Con il consolidarsi dell'uso delle navi attraverso la navigazione alla scoperta del mondo, la canapa acquistò sempre di più un ruolo fondamentale tanto da (ri)diventare essenziale per le popolazioni e da essere nell'anno 1000 d.C. la coltura più prodotta al mondo. Per cui con il periodo storico della scoperta delle Americhe (fine XV sec. d.C.) la produzione di componenti navali ebbe un'impennata e la pianta raggiunse il Nuovo Mondo colonizzandolo. La *Cannabis* giunse nel Nuovo Mondo in Brasile all'inizio del XVI secolo in concomitanza con la tratta degli schiavi dall'Africa. Fu incorporata nella medicina popolare di quel paese e si diffuse rapidamente in tutto l'emisfero. Si pensa che anche i coloni europei abbiano esportato semi della pianta in America e che questa abbia colonizzato il territorio. All'inizio del XVI secolo la canapa era presente in tutto il mondo (conosciuto), dall'Asia all'Africa, dall'Europa all'America. In America, prese talmente piede la coltivazione di *Cannabis* che sia le bozze della Dichiarazione d'Indipendenza degli Stati Uniti d'America che le prime bandiere dello stato americano sopraccitato furono prodotte usando fibra di canapa. Illustri personaggi come George Washington e Thomas Jefferson la coltivavano e promuovevano la sua coltivazione. Addirittura, alcune colonie inglesi del Nordamerica, nel 1619, redassero delle leggi in cui obbligavano i propri contadini a coltivare canapa in almeno una frazione dei loro campi.

1.6.3 Rivoluzione industriale e storia moderna

L'avvento della prima rivoluzione industriale (seconda metà del XVIII sec), però, cambiò le sorti della filiera canapicola. Infatti, la coltura privilegiata per la produzione di tessuto divenne il cotone a discapito della *Cannabis*. Questo perché furono inventate nuove macchine agricole che semplificavano e velocizzarono di molto il lavoro di raccolta del cotone; al contrario non vennero inventate macchine agricole specifiche per la raccolta della canapa e i macchinari già utilizzati non sortivano gli effetti previsti nella raccolta di canapa. Altri cambiamenti che apportò la rivoluzione industriale furono l'ideazione di concimi chimici che rese più competitive altre colture aumentandone la produzione e pure l'invenzione di nuovi macchinari da usare nell'industria tessile della filiera del cotone. Anche la creazione di medicinali di origine sintetica contribuì a minare l'egemonia della

produzione di canapa. Difatti il prezzo della canapa scese come la produzione e l'abbandono della coltivazione della *Cannabis* fu immediato perché non conveniente agli agricoltori. Fu un periodo di continuo calo per il mercato della canapa, quando poi, nel 1917, fu brevettato il progetto di una macchina agricola adatta alla coltivazione di *Cannabis*. Questo assieme al crollo del prezzo del cotone, fece sì che la coltivazione di canapa potesse tornare a essere competitiva sul mercato.

Un altro fatto importante da ricordare riguardante la *Cannabis*, fu che ad inizio 1800 si scoprì, o meglio si esportò, nell'Occidente l'uso a scopo ricreativo di canapa: ovvero l'assunzione ricercando gli effetti psicotropi. Il primo contatto con questa nuova tipologia d'uso per gli occidentali avvenne in Egitto nel 1798 quando l'esercito francese, con a capo Napoleone, invase i territori egiziani. In Egitto, l'esercito francese, stando a contatto con la popolazione locale, imparò nuove modalità d'uso della pianta. Nei paesi musulmani, come l'Egitto, non ci fu quel periodo di abbandono della *Cannabis* che avvenne in Europa durante il medioevo; di conseguenza molta della cultura araba (ed anche indiana) richiamava l'uso della canapa. Infatti, il Corano, ovvero il libro sacro della religione musulmana che aveva la funzione anche di dettare legge, non vietava il consumo di *Cannabis* (a differenza dell'alcol che era proibito). Per cui, questi popoli, oltre a basare molto della loro medicina sulla *Cannabis*, la utilizzavano anche a scopo ricreativo, fumando l'hashish ovvero un composto di resina e polline. Questa pratica non era una novità nel mondo, perché era già conosciuta in India dagli Indù che già da secoli, per scopi religiosi, si fumavano la ganja, misto di fiori e germogli, e il charas, misto di resina e polline. Quindi, con il contatto delle due culture, Europa da una parte e paesi musulmani dall'altra, circa nel 1800 venne importato l'hashish in Europa e si dice che nel 1830 l'hashish egiziano divenne il passatempo più diffuso tra i giovani del porto di Marsiglia. Nel frattempo, in America del nord, circa nel 1838, si diffuse la ganja indiana, proveniente dalle coltivazioni in Giamaica e qualche anno dopo l'hashish egiziano fu esportato in America. Il fatto è che queste usanze erano state svuotate da ogni fattore culturale e religioso e iniziarono a gravare sulla popolazione: le città vennero sommerse da queste ed altre droghe e i governanti iniziarono ad inasprire le politiche che ne regolavano la circolazione fino ad arrivare al periodo storico chiamato proibizionismo.

1.6.4 Proibizionismo

Per proibizionismo intendiamo quel periodo storico in cui si negò in tutti i modi l'uso delle droghe e in particolare l'uso e la coltivazione della canapa. Ha caratterizzato il XX secolo e che, per alcune modalità, persiste ancora oggi in molti paesi. Il primo vero atto di proibizionismo lo possiamo datare nel 1937 con il nome di *Marihuana Tax Act*. Altri provvedimenti son stati effettuati precedentemente a questo, per esempio: Napoleone nel 1800 proibì ai suoi soldati il consumo di hashish, l'Egitto vietò la coltivazione nel 1879, la Giamaica nel 1913 e il Sudafrica nel 1928 (Giamaica e Sudafrica all'epoca erano colonie dell'impero britannico). Ma la vera azione che poi cambiò completamente la visione globale fu la presa di posizione nel 1937 dagli Stati Uniti d'America. Il *Marihuana Tax Act* non vietava espressamente il consumo, la compravendita o la coltivazione di *Cannabis* ma di fatto lo rendeva economicamente impossibile da sostenere. Infatti, questa legge tassava di un dollaro ad oncia per qualsiasi transazione economica riguardante la pianta o i suoi derivati e se non rispettata prevedeva una multa di non poco conto e/o fino a 5 anni di prigione. Nel 1960 questa proibizione dell'uso della canapa divenne globale a tutti gli effetti, con l'emanazione da parte dell'ONU del Single Convention Drug Act in cui si obbligava i paesi membri a eliminare le piantagioni di *Cannabis* entro il 1986 e inserendo la marijuana nell'elenco di droghe pericolose. L'effetto fu immediato e devastante: nessuno coltivava più la canapa. Si instaurò tutto un meccanismo, che oggi chiameremo macchina del fango, che seppellì completamente l'uso e utilizzo di qualsiasi prodotto della canapa. Questo meccanismo si avvalse dell'uso di una propaganda che si mostrò tramite articoli, libri e perfino film; propaganda che non distingueva l'uso diversificato che si poteva fare di quella pianta: ovvero la differenza tra un uso ricreativo con effetto psicoattivo e la moltitudine di altri usi che portavano solo effetti positivi.

In anni recenti ovvero anni 2000, le politiche hanno iniziato a rivalutare la loro posizione sulla *Cannabis* prendendo in considerazione la potenzialità che la canapa ci può offrire. Sempre, nella maggior parte dei paesi tranne alcune eccezioni, l'uso ricreativo della *Cannabis* è vietato, ma si sta aprendo alla possibilità di coltivazione della pianta per altri scopi. La discriminante per poter coltivarla è il livello di THC presente nella pianta che non deve superare una certa soglia. Così da permettere ai coltivatori di poter tornare a coltivare una pianta dai mille usi che ha accompagnato l'umanità dai tempi più antichi. Il

problema principale è che la macchina del fango ha già agito ed un'intera generazione ha l'idea dell'impossibilità dell'uso della *Cannabis*, perché considerata solo ed esclusivamente droga quando essa, come abbiamo potuto appurare, nei secoli è stata considerata una pianta dal potenziale sconfinato e che ancora possiamo sfruttare.

1.7 Usi principali della *Cannabis sativa* L.

Come già detto in precedenza, la *Cannabis* è una pianta da cui si possono ricavare un'infinità di prodotti per usi di genere differente. Fin dall'antichità, come abbiamo potuto conoscere, la canapa ha ricoperto un importante ruolo per le popolazioni tanto che molti degli usi che se ne facevano all'epoca vengono utilizzati anche nei giorni nostri e, in questi anni di forte sviluppo scientifico, la ricerca scientifica ha fatto enormi studi sulla pianta scoprendo sempre nuove possibili applicazioni.

L'uso più conosciuto ed usato riguarda l'utilizzo della fibra della canapa. Essa è formata dal 70% di cellulosa, 15% da emicellulosa, 1-3% da pectina, 3 % da lignina e il restante da proteine, minerali, grassi e cere. La sua applicazione più comune è la produzione di corde, vele, vestiti... Ha una versatilità molto ampia, infatti, può essere composta assieme ad altre fibre di altro genere. Fornisce morbidezza, calore, sensazione di freschezza e un'eccezionale durata superiore a differenza di qualsiasi altro materiale. In più è biodegradabile, quindi è facilmente tollerata dall'ambiente e non inquina. La fibra, inoltre, invece di modellarla rendendola una tela/tessuto, può anche essere utilizzata per sostituire la fibra di vetro e la plastica dura. Perché tramite la sua parte legnosa può essergli conferita durezza e resistenza. Già nel 1940 Ford aveva costruito una macchina cui la carrozzeria era costituita principalmente da *Cannabis* e ad oggi con i progressi scientifici fatti, la *Cannabis* può risultare un ottimo ripiego nell'industria automobilistica e non solo. Difatti oltre ad apportare un vantaggio ecosostenibile all'auto, l'auto a fine uso verrebbe seppellita e biodegradata naturalmente, la fibra di canapa fornirebbe all'auto leggerezza e maggior resistenza rispetto ai materiali usati comunemente. La bioplastica di canapa oltre ad essere utilizzata nella costruzione dell'auto, sta approdando all'interno del mercato dell'imballaggio. Questa è un'ottima notizia perché questa bioplastica, come già esposto, è facilmente biodegradabile e il suo metodo di produzione non è particolarmente inquinante perché non vengono utilizzati elementi chimici tossici.

Inoltre, la coltivazione della pianta *Cannabis* riduce di molto la CO₂ presente nell'atmosfera fissandola attraverso la fotosintesi clorofilliana. La bioplastica viene composta dagli steli della pianta poiché lo stelo fornisce un'elevata quantità di cellulosa necessaria per la produzione, il contenuto di cellulosa di canapa (65–70%) è più alto rispetto a quello del legno (40%). Di conseguenza un altro possibile utilizzo della fibra si ritrova nella fabbricazione della carta. La carta ricavata dalla canapa contiene tre volte più cellulosa, e in termini quantitativi, da un ettaro di canapa si può produrre una quantità quadrupla di carta rispetto ad un ettaro di bosco (West, 1921). In più ci sono diversi vantaggi nella carta di canapa che la rendono più unica: è molto resistente e non ingiallisce con l'età (Conrad, 1994), è di qualità impeccabile, ha un potere di riciclaggio maggiore rispetto alla carta proveniente dagli alberi e la sua produzione richiede un livello molto basso di sostanze chimiche.

L'uso alimentare della canapa è stato utilizzato per secoli dall'uomo e tutt'oggi viene ripreso ed utilizzando riscoprendo le qualità nutritive che apporta una dieta con prodotti derivati da *Cannabis*. La pianta produce questi frutti, acheni, che all'interno contengono il seme su cui pone le basi l'uso alimentare, umano e animale. La maggior parte dei semi viene utilizzata per il mangime animale, in particolare volatili e pesci, ma una buona percentuale in crescendo viene adibita alla dieta umana. I valori nutrizionali del seme sono ottimi poiché contiene il 20–25% di proteine, il 20–30% di carboidrati e il 10–15% di fibre insolubili (Theimer, et Mölleken, 1995). Insieme a questi principali componenti nutrizionali, questi semi hanno una gamma molto ricca di minerali come fosforo, potassio, magnesio, zolfo e calcio e piccole quantità di ferro e zinco (Jones, 1995; Wirtshafter, 1995; Rodriguez-Leyva, et Pierce, 2010). In più il contenuto proteico nei semi di canapa ha un ottimo equilibrio digeribile, infatti le proteine sono formate da tutti i 21 aminoacidi conosciuti, inclusi i 9 aminoacidi essenziali (EAA) (Osburn, 1992; Jones, 1995; Wirtshafter, 1995); il seme contiene anche la proteina edestina (65-67%) che è la proteina più facilmente digeribile all'uomo perché molto simile alle proteine globulari del corpo umano che si trovano nel plasma sanguigno (Angelo, et al., 1968); inoltre, questa proteina produce anticorpi che sono vitali per mantenere un sistema immunitario sano. Alcuni prodotti ricavati dalla *Cannabis* sono: burro di semi di canapa, farina di canapa, latte di canapa e olio di semi di canapa. Dalla spremitura di questi semi, o dall'estrazione con solventi, si ricava un olio che ha delle qualità sorprendenti, tanto da

renderlo uno degli oli migliori al mondo per composizione nutrizionale. È formato da una composizione unica di proteine complete facilmente digeribili in quantità elevate, fornisce un rapporto favorevole di acido linoleico e acido α -linoleico e contiene acidi grassi polinsaturi come omega-6 e omega-3, fondamentali per una corretta alimentazione. Inoltre, nell'ultimo periodo, han introdotto nel mercato le polveri proteiche di canapa, che sono un'ottima alternativa alle classiche proteine animali, delle uova o della soia. Sono prodotti innovativi e adeguati ad una dieta sana perché contengono fonti complete di proteine, fibre, antiossidanti, grassi sani e sali minerali.

La pianta di canapa, da quando è stata scoperta la sua funzione medicinale, è sempre stata usata nel corso della storia nell'ambito medicinale e farmaceutico proprio per le sue benefiche proprietà curative. È stata sempre usata anche perché la sua versatilità negli usi la si ritrova anche in ambito medico: spazia da un problema di un genere ad uno di tutt'altra natura; questa qualità ha fatto perdurare negli anni la sua applicazione alla vita quotidiana dell'uomo. Infatti, la canapa può curare molte malattie, tra cui rabbia, epilessia, ansia, reumatismi e persino condizioni respiratorie come bronchite e asma (Li, 1974). Come accennato da fonti storiche, la pianta è stata utilizzata anche per risolvere molte problematiche a livello curativo, per esempio: come analgesico (nevralgie, mal di testa e mal di denti), anticonvulsivante, ipnotico, tranquillante (mania e isteria; non solo la canapa era anche usata come anestetico, antinfiammatorio, antibiotico (uso topico su infezioni della pelle, erisipela e tubercolosi), antiparassitario (vermi interni ed esterni), antispasmodico (coliche, diarrea), digestivo, stimolante dell'appetito, diuretico, afrodisiaco o anafrodisiaco, antitosse ed espettorante (Schultes, et al., 1974; Baker, et al., 2003; Ruman e Klvanova, 2008; Andre, et al., 2016). Con l'avanzare della ricerca e l'aumento della conoscenza su questa pianta sono stati scoperti maggiori funzioni e qualità curative di questa pianta, a tal punto che la comunità scientifica ha buone speranze per i prossimi medicinali a base *Cannabis*.

Nuove tipologie d'uso stanno nascendo in corrispondenza con il progredire della ricerca scientifica e con il progredire della società. Infatti, la società evolvendosi cambia stile di vita, per esempio il richiamo alla sostenibilità che, 50 anni prima non era un elemento importante, in questi anni diventa sempre più una necessità. Quindi si ricercano sempre più soluzioni che seguano questa evoluzione della società; per esempio, con il diffondersi dell'utilizzo della stampante 3D si è riuscito a creare dagli scarti della canapa, un

filamento di bioplastica che è il 20% più leggero e il 30% più resistente del PLA, la plastica più comune utilizzata nei filamenti per la stampa 3D, ed ha anche un adeguato rapporto peso su volume. Un altro nuovo impiego della canapa è la creazione di supercondensatori, ovvero dispositivi di accumulo di energia a lunga durata. I ricercatori del National Institute for Nanotechnology (Canada) hanno scoperto che i supercondensatori di canapa sono più efficienti e superano di quasi il 200% nell'accumulo di energia le prestazioni del grafene, il materiale più utilizzato per fabbricarli. Questi supercondensatori possono essere usati, per esempio, nei sistemi di frenata dei veicoli elettrici, nel sistema di alimentazione dei computer e gadget di sovralimentazione. Altri studi hanno rivelato come la combinazione di *Cannabis sativa* in malta di fango/calce, utilizzato da delle popolazioni in periodo neolitico nelle grotte di Ajanta, ha salvato i preziosi murali dalla distruzione degli insetti. Ciò ha portato all'intuizione che la canapa avesse un potere repellente contro gli insetti e questo ha fatto sì che venisse usata, creando un composto con altri materiali utilizzati nel campo della conservazione delle opere, come intonacatura nella protezione del patrimonio. Con l'olio di semi della pianta è perfino possibile creare un biocarburante dalle qualità eccellenti e soprattutto ad impatto zero. Altri prodotti innovativi in arrivo a base di canapa includono inchiostro, moquette, occhiali, smalto per unghie, jeans, tavole da surf, pannolini, borse per occhiali di canapa, tela e scarpe da ginnastica; tutti prodotti ecosostenibili, riciclabili e duraturi.

2. Scopo della ricerca

L'obiettivo della tesi è quello di trovare una soluzione per la gestione dei residui colturali nel post-raccolta di *Cannabis*. Questo perché la canapa, dopo che è avvenuta la raccolta, presenta la difficoltà dell'eliminazione dei residui colturali. Questi residui colturali sono dati dalla porzione di fusto che non viene asportata dal campo nella lavorazione di raccolta e che, se non eliminata, intralcia le lavorazioni successive. La difficoltà principale si presenta nei fusti fibrosi perché questi, se non eliminati velocemente con le giuste macchine agricole, si induriscono divenendo delle vere e proprie corde difficili da rompere che non permettono la riuscita della lavorazione delle macchine agricole. Infatti, le macchine agricole non sempre riescono nell'intento di eliminazione dei residui, spendendo molta energia e con la possibilità di recare dei danni proprio a queste macchine. L'ipotesi sperimentale pensata si concentra nell'utilizzo di due pratiche

colturali al fine di riuscire ad ovviare questo problema senza danneggiare significativamente la produzione di *Cannabis*. Le due tecniche agronomiche sono l'utilizzo di valori diversi di densità di semina e l'uso della cimatura della pianta ad una data altezza. I valori differenti di densità sono 3: alta densità di semina (A), media densità di semina (B) e bassa densità di semina (C). Ci si aspetta che con questi valori differenti di densità la pianta abbia delle risposte all'adattamento differenti, ovvero che a densità elevate la pianta abbia la tendenza a crescere in altezza; invece, a densità bassa che la pianta cresca sviluppando maggiormente la crescita laterale. Con la tecnica della cimatura ci si aspetta che la pianta tenda a sviluppare più ramificazioni laterali indebolendo il fusto principale. Quindi si presuppone che queste due tecniche, combinate tra loro in più combinazioni, facilitano la distruzione meccanica a fine raccolta, senza però abbassare di molto la resa.

ESPOSIZIONE DEL PROBLEMA

Il problema in questione riguarda i residui colturali della canapa che difficilmente si riescono ad eliminare dal terreno dopo la fase di raccolta. Questi residui colturali si costituiscono dell'apparato radicale ma, soprattutto di una porzione di fusto. Risulta un problema perché la difficoltà nell'eliminazione dei residui colturali rallenta il processo di riutilizzo del terreno. La porzione che interferisce di più in questo problema e che non si riesce ad eliminare è la porzione del fusto rimanente in campo; difatti, la grandezza e lo spessore del fusto intralciano il lavoro delle macchine agricole che non riescono a distruggerlo. Questo è dovuto dalla fibra contenuta nel fusto che, nel giro di qualche giorno dalla raccolta, si indurisce a tal punto da creare delle sottospecie di corde che pongono resistenza alla distruzione. Questa problematica non è da sottovalutare perché essendoci sempre meno possibilità di campi agrari utilizzabili, la presenza di questi scarti di coltura incastrati nel terreno ne preclude l'uso.

La risoluzione di questo quesito deve tenere conto di più fattori. In primis che sia facilmente attuabile e che sia facilmente accessibile alla maggioranza dei coltivatori, perché se si realizza un metodo cui poche persone hanno accesso, allora la coltura verrà coltivata da pochi. In secondo luogo, questo metodo non deve diminuire drasticamente la produzione di canapa. Per cui bisogna stabilire dei parametri entro i quali questo metodo può essere di interesse, se la produzione aumenta, resta uguale o diminuisce di poco,

oppure se bisogna escluderlo perché la produzione cala eccessivamente da non permettere alla PLV (prodotto lordo vendibile) di superare i costi. La terza ragione riguarda la sostenibilità ambientale del metodo: il criterio nuovo deve tenere conto delle necessità ambientali senza danneggiare l'ecosistema circostante. Per cui, ricapitolando, la soluzione a questo problema deve innanzitutto essere efficace, il più possibile risolutiva e facilitare la coltivazione di canapa, oltre che essere sostenibile economicamente e da un punto di vista ambientale, deve anche essere facilmente utilizzabile e deve permettere una produzione adeguata.

3. Materiali e metodi

3.1 Descrizione sito di impianto e disposizione delle parcelle

Questa tesi sperimentale si basa sul progetto CanVen2-UNIPD dell'Università di Padova. La prova in campo ha avuto inizio il 18 Maggio del 2022 con la preparazione del letto di semina, la suddivisione del terreno a disposizione in parcelle, distribuzione della dose di fertilizzante in superficie e infine la semina delle sementi di canapa della varietà Futura 75. Il ciclo vitale della coltura si è concluso il 28 settembre del 2022. La prova sperimentale è avvenuta all'interno dell'areale dell'azienda agraria sperimentale "Lucio Toniolo", sita in Legnaro (45°21'00"N, 11°57'02"E, 7m a.s.l).

L'esperimento ha previsto la suddivisione di un campo di 7200 metri quadrati in 12 parcelle di dimensioni uguali, più una parcella di dimensioni più grandi (6x75 m, 450 m²), denominata pre-prova. Quest'ultima è stata destinata alla taratura della mietitrebbia, così da evitare eventuali danni alle parcelle della prova vera. È stata utilizzata la stessa varietà di canapa, Futura 75, per 6 tesi differenti (3 densità diverse per 2 cimature) il tutto replicato 2 volte. L'area di ogni parcella era di 175 m² (5x35 m), la distanza tra i plot era di 4 m e la superficie utilizzata per la prova (considerando i bordi) si attestava a 4760 m² (59,5x80m).

La suddivisione delle parcelle prende in considerazione due fattori differenti. Il primo, fattore A, sono le 3 diverse densità di semina:

A. 21kg/ha (0,25 interfila x 0,042m sulla fila); distanza sulla fila 0,038m

B. 14 kg/ha (0,5m interfila x 0,031m sulla fila); distanza sulla fila 0,029m

C. 7 kg/ha (0,5m interfila x 0,063m sulla fila); distanza sulla fila 0,063m

Il secondo punto, fattore B, riguarda la lavorazione di cimatura in cui si è utilizzata una barra falciante laterale attaccata al trattore:

1. Lavorazione effettuata, si
2. Lavorazione non effettuata, no



Immagine 1: Area totale destinata alla prova

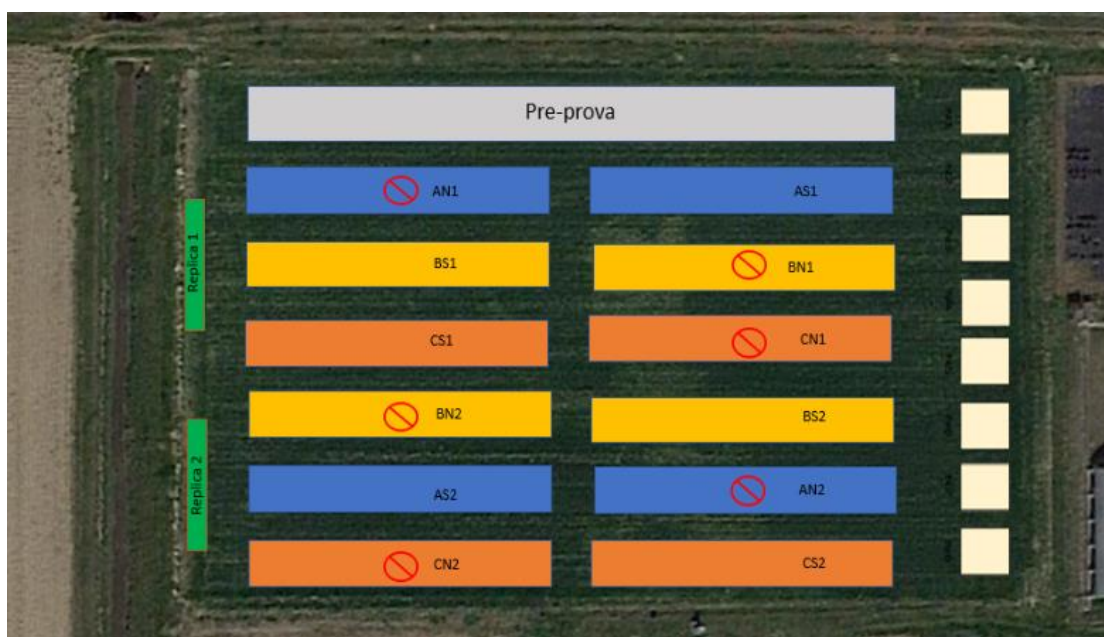


Immagine 2: Schema progetto

Tabella 1 – Fattori variabili dell'esperimento

| | <i>Codice</i> |
|---------------------------|---------------|
| <i>3 densità diverse:</i> | |
| <i>alta</i> | <i>A</i> |
| <i>media</i> | <i>B</i> |
| <i>bassa</i> | <i>C</i> |
| <i>Cimatura:</i> | |
| <i>eseguita</i> | <i>S</i> |
| <i>Non eseguita</i> | <i>N</i> |
| <i>2 repliche:</i> | |
| <i>1</i> | <i>1</i> |
| <i>2</i> | <i>2</i> |

3.2 Lavorazioni in campo

La prova sperimentale ha avuto inizio con la semina, effettuata in data 18/05/2022. La varietà utilizzata per questo esperimento è stata Futura 75, la quale ha una buona produzione di semi. Le prime piante sono germinate meno di una settimana dopo, in data 24/05/2022.

Dopo meno di due mesi, precisamente il giorno 08/07/2022, le parcelle scelte sono state ciminate all'altezza di 60 cm da terra. Il lavoro è stato eseguito con l'uso di un trattore cui attaccato aveva una barra sfalciante della lunghezza di circa 2 metri. Prima di sfalciare le parcelle designate però, si sono eseguite delle prove sulla 13esima parcella, ovvero quella di dimensione più grandi, per tarare la macchina agricola.

Terminato il ciclo della pianta e raggiunta la maturazione dei frutti, si è eseguita la raccolta su tutte le parcelle interessate. Questo lavoro è stato eseguito in data 27/09/2022 con una mietitrebbia modello John Deer Hydro/4. Sono stati raccolti tutti i frutti, mentre gli steli apicali son stati trinciati e trinciati in campo. I semi raccolti sono stati messi ad essiccare a temperatura ambiente, in un tunnel aperto. Il materiale è stato successivamente separato dalle impurità mediante l'utilizzo di un aspiratore, il quale ha diviso i diversi

componenti in base alle loro caratteristiche aerodinamiche; in questo modo è stato possibile ottenere la resa finale di ogni parcella.

Passato un giorno dalla raccolta, ovvero il 28/09/2022, si è deciso di operare in campo distruggendo i residui colturali che ancora rimanevano ancorati al terreno. L'eliminazione è stata eseguita con un trinciastocchi attaccato ad un trattore.

La piantagione di *Cannabis* è stata irrigata tramite microirrigazione, in particolare tramite manichetta forata, con una frequenza minima: solo in caso di soccorso. La concimazione si è costituita solo in pre-semina per ogni parcella di: 4 kg Perfosfato triplo ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) Ti-to-lo: 46-48% P_2O_5 ; 3,5 kg Solfato di potassio (K_2SO_4) Ti-to-lo: 50-52% K_2O ; 1,2 kg di urea.

3.3 Rilievi in campo

I rilievi in campo effettuati sono stati due: uno è stato effettuato il 07/07/2022 e l'altro il giorno 08/08/2022. Il primo è stato effettuato dopo circa 50 giorni dalla semina, il secondo è stato effettuato un mese dopo la cimatura (08/07/2022). La data del primo rilievo è stata scelta in base alla crescita vegetativa della pianta, ovvero che la pianta avesse raggiunto una certa altezza e un certo spessore del diametro, ma anche in base alla data della cimatura: il rilievo è stato effettuato il giorno prima della cimatura. Questo perché così i dati raccolti si basassero sull'ultimo momento disponibile prima della falciatura. La decisione della data del secondo rilievo è stata presa sempre in merito alla crescita della coltura, ovvero che la pianta sfalciata avesse avuto il tempo di ricrescere dopo la cimatura.

Nei rilievi sono state effettuate 3 diverse misurazioni sulla pianta: è stata misurata l'altezza della pianta, il diametro del fusto a 10 cm da terra e le ramificazioni sviluppate. L'altezza della pianta è stata misurata in cm usando un metro, il diametro del fusto è stato misurato tramite un calibro elettronico e le ramificazioni sono state contate numericamente. I dati annotati sono stati segnati in delle tabelle che poi sono servite nelle costruzioni dei grafici. Sono state prese in esame 60 piante casuali per ogni parcella, mantenendo sempre le stesse per i due rilievi.

3.3.1 Considerazioni generali

Abbiamo già verificato come la differenza di densità di impianto influenzi la crescita della pianta, poiché all'aumentare di essa osserveremo che le piante tenderanno ad avere una

crescita esclusivamente in altezza, ignorando quasi completamente la crescita degli steli laterali. La crescita in altezza è in risposta al forte bisogno di ricevere la luce solare, la pianta entra in competizione con altre piante, della stessa specie e no, quando non ha a disposizione il giusto spazio e un adeguato soddisfacimento dei bisogni primari, che sono: luce solare, acqua, nutrienti minerali... La competizione però, sfocia in un'eliminazione a scapito delle piante più deboli. La ragione è intuibile: le risorse e lo spazio concesso non permettono la crescita di tutte le piante, di conseguenza, la natura sceglie solo quelle più forti. Questa competizione non avviene in tutte le situazioni ma solo quando c'è un surplus di piante nell'appezzamento interessato. Non solo, le 3 diverse densità determinano anche le probabilità di sviluppo laterale, partendo da una bassa probabilità per le piante ad alta densità fino ad arrivare ad alta probabilità per le piante a bassa densità. Poiché la densità di semina minore ha un maggiore spazio per pianta su metro quadro, per cui ha maggior spazio e maggiore possibilità di crescita sviluppandosi anche lateralmente senza dover competere con altre piante.

Il taglio dell'apice viene fatto per indebolire la struttura primaria della pianta, ovvero il fusto, e dando la capacità di generare, non più un apice, ma bensì due apici vegetativi. Questo dovrebbe comportare un aumento delle ramificazioni laterali perché la presenza di due apici induce il doppio, rispetto ad un singolo apice, la crescita secondaria. È interessante questo fatto per il progetto, perché l'aumento della crescita secondaria permette una diminuzione della crescita del fusto principale, o meglio, il fusto principale cresce sempre, ma la sua crescita vegetativa è depotenziata dalla forte crescita secondaria indotta dalla presenza di due apici vegetativi. Le ragioni sono biologiche: i nutrienti e la capacità di assorbimento rimangono invariati rispetto ad una pianta a cui non è stato eseguito lo sfalcio di una porzione del fusto, però l'uso che ne viene fatto è diverso; infatti, le sostanze nutritive vengono traslocate maggiormente nella crescita laterale in una pianta a cui è stata rimossa la porzione apicale del fusto, ridimensionando la crescita primaria e quindi la resistenza del fusto post raccolta. Oltre a questo, c'è da evidenziare come l'intera pianta, con lo sfalcio, subisce un trauma, che per rimediare deve spendere energia e nutrienti per superare questo trauma e per tornare in uno stato adeguato alla continuazione del ciclo biologico. Il trauma si ripercuote non solo nella parte prossima al taglio, ma anche nella crescita, sia della parte epigea che nella parte ipogea: la parte aerea viene danneggiata dalla rimozione fisica di una porzione del fusto, la parte sotterranea ne risente

perché la rimozione della porzione fisica conduce la prevalenza delle energie e delle sostanze nutritive nella ricostruzione della parte danneggiata, privandone di conseguenza, in questo caso, alle radici. Questo meccanismo di crescita si basa sul mantenimento di un equilibrio tra la parte epigea e la parte ipogea. Bisogna ricordare come il taglio che viene eseguito ha lo scopo di indebolire il fusto principale e toglierne l'egemonia a favore delle ramificazioni laterali, non ha lo scopo di indebolire la pianta stessa, perché ne risentirebbe la produzione nuocendo all'agricoltore stesso. Il taglio della pianta viene fatto in una fase precisa e ad una data altezza, per garantire alla pianta tempo necessario alla ri-crescita e tempo per entrare in fase di maturazione e portare a compimento il ciclo. Venne cimata a 60 cm di altezza da terra a circa 50 giorni dalla semina. Infatti, la scelta del momento in cui tagliare è determinante: se si effettua troppo precocemente la pianta non si sarà sviluppata abbastanza da consentire una corretta ri-crescita, se invece si fa troppo tardivamente la pianta non avrà il tempo di crescere ed entrare in fase di maturazione.

Dopo aver esposto queste pratiche colturali e il loro funzionamento, possiamo intuire alcuni aspetti che ci dovremmo aspettare da quest'esperimento. Il primo punto riguarda sicuramente la differenza di densità: a densità maggiori la pianta dovrebbe aver difficoltà a far crescere le ramificazioni laterali perché concentrerebbe tutto il suo potenziale di crescita nel fusto; quindi, i residui colturali dovrebbero essere difficili da eliminare. Invece a densità minore dovrebbe essere vero il contrario: le piante concentrerebbero più energie nella crescita secondaria perché hanno più spazio e nutrienti per pianta e quindi i residui colturali non dovrebbero essere difficili da eliminare. Un altro punto facilmente intuibile è che tramite la cimatura la pianta non cimata dovrebbe avere un fusto più resistente e ampio, quella cimata invece dovrebbe avere un fusto più fragile e sottile. Per cui ci si aspetta che la parcella con la soluzione peggiore al problema sia quella con l'alta densità di piantagione e con l'assenza di cimatura, e quella con la soluzione migliore sia quella con la densità minore e con la cimatura effettuata.

4. Risultati

Tutti i dati raccolti sono stati analizzati eseguendo un'analisi multifattoriale della varianza (ANOVA). Il metodo utilizzato per discriminare tra le medie è stato test di significatività onesta di Tukey (HSD). Con questa procedura c'è un rischio del 5,0% di definire una o più coppie significativamente diverse quando la loro differenza effettiva è pari a 0; l'intervallo attorno a ciascun valore medio è stato costruito in modo tale che se tutte le medie sono uguali, tutti gli intervalli si sovrapporranno per il 95,0% delle volte. Qualsiasi coppia di intervalli che non si sovrappone verticalmente corrisponde a una coppia di medie che presentano una differenza statisticamente significativa.

I risultati sono stati divisi per ogni parametro rilevato nella prima raccolta campionaria a Luglio (1) e nella seconda ad Agosto (2).

4.1 Rilievi di luglio

Il primo rilievo è stato effettuato in data 07 Luglio, 2022. Per ogni parcella sono state selezionate 60 piante e per ogni pianta è stata rilevata l'altezza dell'intera pianta, il numero di ramificazioni presenti e il diametro del fusto ad una altezza di circa 10 cm dal terreno.

Altezza – 1. Height

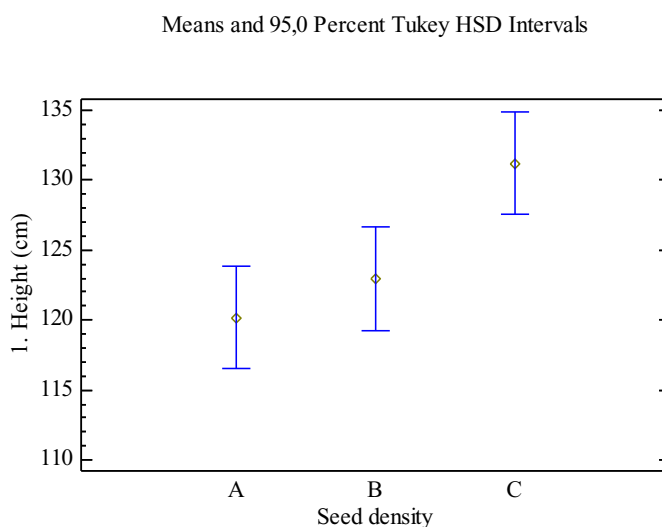


Grafico 1: Altezza per livello di densità 1

Questo grafico mostra la media dell'altezza 1. Height (cm) per ogni livello di densità di semina. Inoltre, è raffigurato un intervallo attorno a ciascuna media. Gli intervalli si basano sulla procedura di differenza significativa (HSD) di Tukey. Sono costruiti in modo tale che se tutte le medie sono le stesse, tutti gli intervalli si sovrapporranno il 95,0% delle volte.

Il fatto interessante di questo grafico è che ci mostra una differenza significativa nell'altezza tra le piante delle parcelle seminate a densità C (10.5 piante/m²) e le altre parcelle seminate alle altre due densità. Ovvero le piante seminate a densità C presentano un'altezza maggiore delle altre piante seminate a densità A (31.5 piante/m²) e B (21 piante/m²), e quest'ultime non presentano differenze significative tra loro. Questo è interessante perché ci si sarebbe aspettato il contrario: ovvero che le piante del plot con la densità più alta (A) sarebbero state più alte mentre quella con la densità più bassa (C) invece a crescere di meno. Le piante con densità C presentano un'altezza media del valore di 131,185 cm, le piante con densità B di 122,938 cm e le piante con densità A di 120,188 cm. Probabilmente questo cambiamento è dovuto perché le piante con densità minore, avendo più spazio disponibile, hanno ricevuto più luce solare e sono cresciute di conseguenza di più.

Diametro del fusto

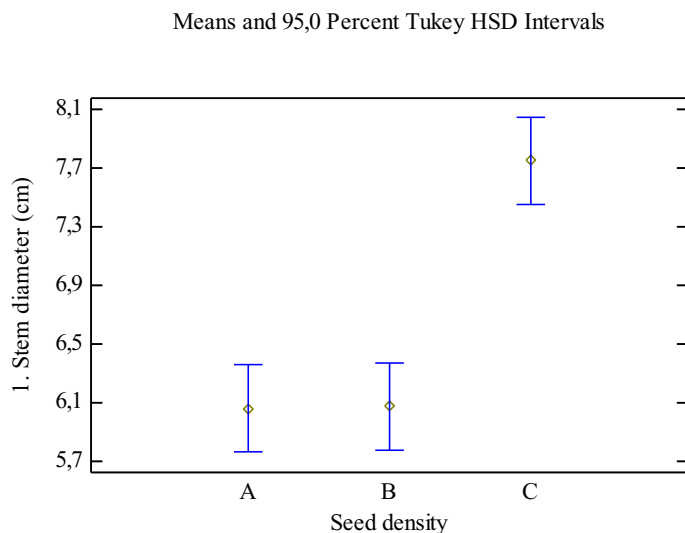


Grafico 2: Diametro fusto per livello di densità

Questo grafico mostra i valori medi relativi al diametro del fusto 1. Stem diameter (cm) per ogni livello di densità di semina.

Anche in questo grafico possiamo notare una differenza significativa tra le piante a densità C (10,5 piante/m²) e le piante a densità A e B. Le piante A presentano un diametro del fusto di 6,06 mm e quelle B un diametro del 6,07 mm; invece, le piante C hanno un diametro di 7,75 mm. Anche in questo caso i risultati appaiono differenti dalle supposizioni iniziali: ci si aspettava fossero le piante con la densità più alta a sviluppare di più il fusto; ma questi dati sono coerenti con i dati ritrovati nel rilievo dell'altezza. Le piante più alte presentano il fusto più sviluppato e più spesso, per sopportare al meglio la crescita e il peso del fusto. Le piante che hanno più spazio per il proprio sviluppo tenderanno anche a ispessire il proprio fusto.

Ramificazioni – 1. Branching

Per i dati raccolti relativi alle ramificazioni del primo rilievo sono state considerate solo le ramificazioni già sviluppate, cui si potevano intravedere i primi abbozzi florali, e non

sono state contate le ramificazioni cui si mostravano ancora come primordi di assi vegetativi.

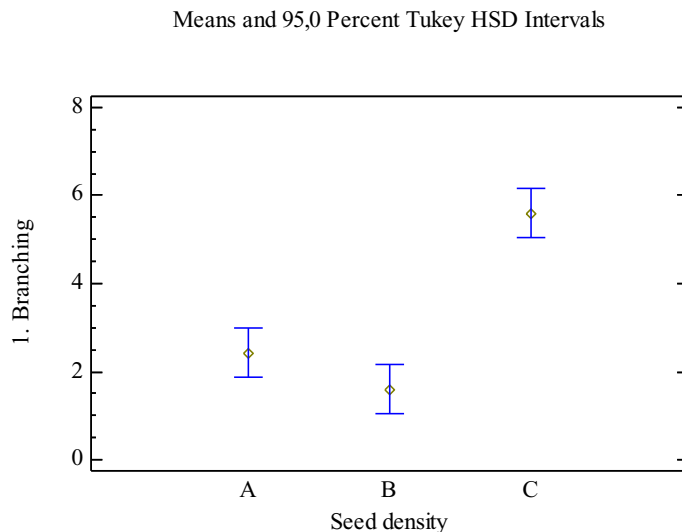


Grafico 3: Numero ramificazioni per livello di densità

Anche su questo grafico notiamo come ci sia una differenza significativa tra la media delle piante a densità C e le piante a densità A e B. I valori corrispondenti del numero di ramificazioni sono 1,60 ramificazioni per A, 2,42 ramificazioni per B e 5,60 ramificazioni per C. Questi risultati hanno corrisposto le aspettative: si presupponeva che le piante a densità C avrebbero sviluppato più ramificazioni rispetto a B e soprattutto ad A, in quanto avendo più spazio a disposizione e più nutrienti per pianta, la pianta sarebbe riuscita ad espandersi anche lateralmente.

4.2 Rilievi di Agosto

il secondo rilievo è stato effettuato in data 08 Agosto 2022, un mese dopo la cimatura della pianta avvenuta in 08 Luglio, 2022. Oltre ad analizzare i dati di altezza, diametro fusto e numero ramificazioni della pianta in relazione alle diverse densità di semina, sono state analizzati anche gli stessi rilievi in relazione all'effetto della cimatura. La cimatura è stata effettuata su metà delle parcelle a tutte le 3 diverse densità. Le piante prese a campione sono le stesse analizzate nel primo rilievo.

Altezza – 1. Height

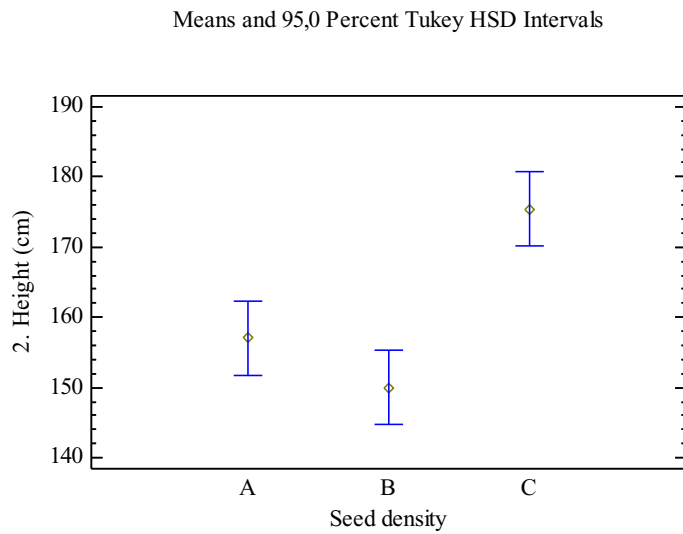


Grafico 4: Altezza per livello di densità

Nell'analisi dei dati relativi all'altezza della pianta si conferma la differenza significativa del gruppo C di valore superiore rispetto ai gruppi A e B che non rivelano differenze statisticamente significative. Il valore medio dell'altezza del gruppo A è di 157,03 cm, quello del gruppo B è di 149,94 cm e quello del gruppo C è di 175,39 cm. Rispetto al grafico riguardante i rilievi fatti un mese prima e prima dello sfalcio, si è riconfermata la tesi che le piante del gruppo C riescono a crescere più in altezza rispetto alle altre densità.

Means and 95,0 Percent Tukey HSD Intervals

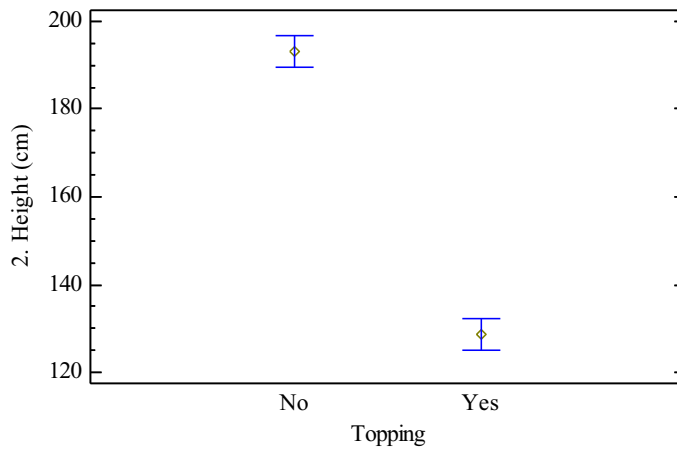


Grafico 5: Altezza per cimatura

Il grafico 5 prende in considerazione le medie delle altezze in relazione al fattore cimatura – se si è effettuato lo sfalcio della porzione apicale dello stelo oppure no. *Quod erat demonstrandum*, le piante che hanno subito la cimatura sono notevolmente più basse rispetto a quelle che non son state sfalciate. La differenza supera i 60 cm, infatti la media dell'altezza delle piante non sfalciate è di 192,97 cm, mentre quella delle piante sfalciate misura 128,59 cm. La differenza di altezza era prevedibile, in un mese la pianta non riesce a recuperare l'altezza dell'altra che, nel frattempo, non interrompe la sua crescita creando un divario non trascurabile.

Diametro del fusto

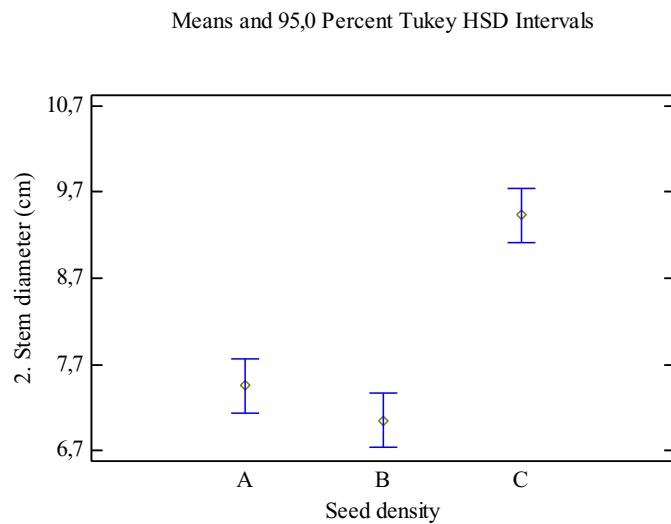


Grafico 6: Diametro fusto per densità livello di densità

Si riconferma sempre la tesi secondo la quale non c'è un'evidente differenza tra i gruppi A e B, ma vi è una differenza statisticamente significativa tra il gruppo C e gli altri due. Il valore medio del diametro del gruppo C è notevolmente più alto rispetto ai valori medi dei gruppi A e B; infatti, il gruppo C presenta un valore di 9,43 mm, il gruppo B di 7,04 mm e il gruppo A di 7,45 mm. Questa differenza concorda con la differenza dell'altezza dei 3 gruppi di densità analizzati, ovvero più è alta la pianta più è spesso lo stelo. I valori si mantengono lineari con i dati ritrovati nel primo rilievo.

Means and 95,0 Percent Tukey HSD Intervals

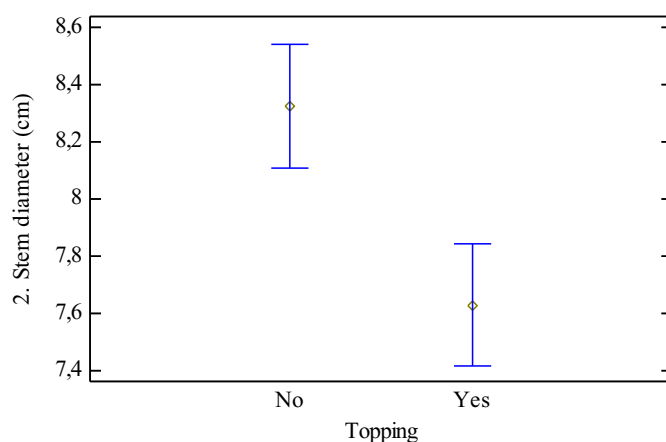


Grafico 7: Diametro fusto per effetto cimatura

Nel grafico 7 sono rappresentate le medie dei valori in relazione all'avvenuta della cimatura oppure no. Possiamo notare come la differenza dello spessore dello stelo sia in conformità con la differenza dell'altezza. Le piante cimate hanno uno spessore del diametro inferiore rispetto a quelle non cimate, precisamente le piante sfalciate risultano avere un diametro di 7,63 mm e quelle non sfalciate di 8,32 mm. Questo risulta essere un successo per l'esperimento perché la cimatura ha portato agli effetti sperati: ha reso lo stelo più sottile e quindi più facilmente eliminabile.

Ramificazioni

Andando ad approfondire i dati inerenti alle ramificazioni del secondo rilievo ci si potrebbe aspettare una differenza significativa tra le piante del gruppo C con quelle del gruppo A e B, in linea, quindi, con i dati raccolti nel primo rilievo.

Means and 95,0 Percent Tukey HSD Intervals

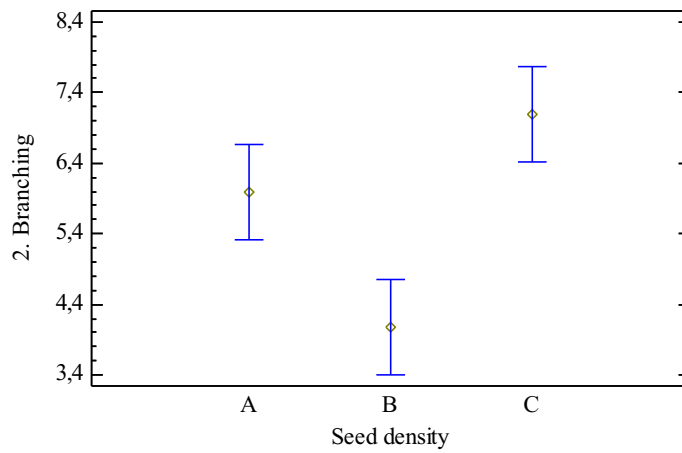


Grafico 8: Numero ramificazioni per livello di densità 2

Il Grafico 8 mostra la media del numero di ramificazioni 2. Branching per ogni livello di densità di semina. Come possiamo vedere dal grafico, si nota una differenza tra il gruppo B con i gruppi A e C. Questa differenza però indica che il gruppo B ha sviluppato meno ramificazioni secondarie dei gruppi A e C. Infatti, il gruppo B ha una media di 4,08 ramificazioni per pianta, il gruppo A di 5,99 e il gruppo C di 7,09.

Means and 95,0 Percent Tukey HSD Intervals

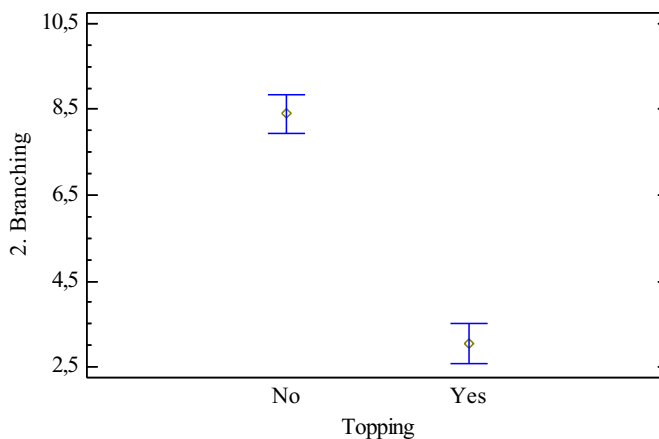


Grafico 9: Numero ramificazioni per effetto cimatura

Il Grafico 9 mostra la media del numero di ramificazioni 2. Branching per ogni livello di cimatura. In questo secondo grafico, invece, i dati raccolti esplicano come la media delle ramificazioni del gruppo non cimato è significativamente superiore rispetto alla media delle ramificazioni del gruppo cimato. Infatti, le piante non cimato mostrano un valore medio di 8,40 ramificazioni mentre quelle cimato di 3,04. Questo fenomeno è l'opposto di quello che si poteva supporre. Si pensava che cimando la coltura questa rispondesse emettendo maggiori ramificazioni laterali. Questo fatto probabilmente è dovuto perché maggiore è l'altezza della pianta maggiore è il numero delle ramificazioni secondarie.

5. Discussione

Partendo dalle supposizioni iniziali, si pensava che il livello di densità minore e il lavoro di cimatura potessero portare la pianta a sviluppare livelli superiori di ramificazioni laterali, indebolendo lo stelo principale e uno stelo più sottile, e che il livello maggiore di densità e la non cimatura portasse le piante a crescere in altezza e ad irrobustire il fusto. I dati dell'altezza del primo rilievo hanno portato ad errare, almeno in parte, le supposizioni iniziali; infatti, la media dell'altezza maggiore delle piante è stata riscontrata nel gruppo a densità più basso. Probabilmente perché, essendo la *Cannabis* una pianta molto vigorosa, avendo più spazio a disposizione e più risorse è riuscita a crescere meglio e più velocemente delle altre piante a densità superiore.

Un fatto interessante trattando delle piante del gruppo a densità minore (gruppo C), è lo spessore medio del fusto. Le piante del gruppo C sono risultate più alte delle piante degli altri due gruppi (densità di semina alta A e media B), e quindi più una pianta è alta più il fusto deve essere spesso per sostenere la pianta. Tuttavia, il fusto è risultato notevolmente più largo rispetto agli altri due gruppi, molto più che in proporzione dell'altezza di quest'ultimi due gruppi. Si può osservare come lo spessore del fusto delle piante del gruppo C non si sia ingrandito seguendo un rapporto direttamente proporzionale rispetto all'altezza, ma si è ingrandito con una vigoria superiore. Questo punto risulta essere negativo per il raggiungimento dell'obiettivo di questa tesi in quanto, più è grosso lo stelo principale, più diventa difficoltosa l'operazione di distruzione dei residui colturali.

Presumibilmente è sempre dovuto alla maggior quantità di spazio e nutrienti, e molto probabilmente sono le piante degli altri gruppi, colpa la maggior densità, a non irrobustire giustamente il fusto perché in competizione tra loro per spazio e nutrienti.

Trattando sempre dei dati del primo rilievo, poche sono le considerazioni che si possono fare sul numero delle ramificazioni che sono state segnate: il gruppo C, con fusto e altezza maggiori, ne detiene più degli altri. Questo è un fatto prevedibile e coerente con le teorie fatte a priori dell'esperimento. Tuttavia, ci si può soffermare sul fatto che il gruppo C, anche se conta il maggior numero di ramificazioni, allo stesso tempo conta anche il valore medio di diametro più alto tra gli altri due gruppi. Ne risulta che non sempre le ramificazioni laterali tendono a indebolire la grandezza del fusto principale. Anzi, si può dire che il gruppo C, confermato anche dai dati del secondo rilievo, sia quello con il maggior numero di ramificazioni, ma anche quello con il diametro più spesso. Si presume che questo sia dovuto all'altezza della pianta: la pianta più si presenta alta e, di conseguenza, con il diametro del fusto più spesso, allora probabilmente presenterà un maggior numero di ramificazioni. D'altro canto, le piante del gruppo A, al secondo rilievo, presentano un numero di ramificazioni elevato concordante con il numero del gruppo C, ma il valore medio del diametro e anche dell'altezza mostra una differenza non trascurabile con il gruppo a densità minore. Possiamo presumere che sia dovuto alla forte densità e competizione che ha caratterizzato il gruppo A, e che la pianta, trovandosi vicino al periodo di maturazione, abbia concentrato le sue energie nella produzione di steli secondari e quindi di infiorescenze e successivamente semi invece che concentrarsi sulla crescita dello stelo primario.

Dai risultati ottenuti quindi si può osservare come altezza e diametro del fusto siano direttamente proporzionali. Infatti, le piante con il diametro più grosso sono le piante più alte. Il fatto ricavato dall'analisi dei dati ci informa che le piante più alte e più spesse di diametro le possiamo trovare nel gruppo a densità minore. Questo fattore, come già menzionato, nuoce alla nostra ricerca soprattutto quando lo spessore del diametro delle piante del gruppo C è superiore perfino alla media del diametro del fusto delle piante non ciminate. Questi risultati compromettono l'efficacia della densità di semina del gruppo C in quanto il diametro del fusto risulta essere quello più spesso e, per cui, il più difficile da distruggere. Di conseguenza, lo spazio per pianta concesso da questa densità (10,5 piante/m²) permette alla pianta di crescere eccessivamente. Anche nelle parcelle in cui è

stata applicata la falciatura si osserva come la pianta abbia continuato a crescere non avendo trovato nessun fattore che bloccasse, o meglio diminuisse, questa crescita, come per esempio una mancanza di nutrienti, acqua o luce solare.

Il dato più importante ci viene rivelato con l'analisi dei dati del secondo rilievo ed è quello riguardante il diametro del fusto: le piante che sono state sfalciate presentano un fusto di spessore inferiore rispetto alle piante cui non sono state sfalciate. Questo tratto è molto importante perché è portatore del successo della ricerca, ovvero che la cimatura delle piante previene ed indebolisce la crescita del fusto senza che il ciclo biologico della pianta si interrompa e la pianta muoia. La spiegazione più logica è che la pianta, dopo il trauma subito, ha sviluppato velocemente la parte apicale mancante per poter sopravvivere ed andare a maturazione, disinteressandosi della crescita del diametro del fusto. Anche perché tramite la cimatura la pianta si è trovata in una condizione di disequilibrio tra la sua altezza e l'ampiezza del diametro, di conseguenza ha cercato di colmare questa instabilità, ad esempio, crescendo in altezza.

Un evento considerevole è il numero di ramificazioni dell'ultimo rilievo: il gruppo A e il gruppo C non presentano fra loro differenze significative, mentre con il gruppo B vi sono. Il gruppo B, infatti, è quello che ha prodotto meno ramificazioni secondarie. Questo può essere un fattore negativo in quanto più ramificazioni ci sono e meno il fusto dovrebbe essere robusto. Tuttavia, il gruppo B è anche quello che presenta la media di minore altezza e minore inspessimento del fusto. Le ramificazioni quindi non sono direttamente correlate all'indebolimento del fusto. La spiegazione può essere data dal fatto che la densità del gruppo B era tale da non permettergli una crescita adeguata e allo stesso tempo che non fosse abbastanza densa da indurre la pianta a trovare una soluzione per la sopravvivenza. Oltre a ciò, è importante sottolineare come il numero di ramificazioni, contro ogni teoria, è risultato superiore nelle piante che non erano state cimate rispetto a quelle cimate. È un episodio degno di nota in quanto la cimatura è stata effettuata proprio con lo scopo di indurre la pianta a sviluppare le ramificazioni laterali perché non più sotto la dominanza apicale. La media delle ramificazioni delle piante non cimate è risultata più del doppio rispetto a quella delle piante cimate, quindi una spiegazione plausibile si può ritrovare nella differenza di altezza: più le piante sono alte, più svilupperanno ramificazioni secondarie anche se persiste la dominanza apicale.

6. Conclusioni

L'utilizzo dei diversi valori di densità ha promosso una visione di diversi adattamenti che adopera la pianta in situazioni diverse come quelle di affollamenti, di condizione media oppure di situazioni rade; già in queste tre visioni differenti è stato possibile trarre le conclusioni che a condizione di densità media ed elevata la pianta tende a non ingrossare il fusto; al contrario, in condizioni di bassa densità la pianta cresce con una vigoria eccessiva tale da presentare a fine raccolta dei problemi nell'eliminazione dei residui in campo. Quindi, la densità minore di semina non ha prodotto gli effetti desiderati e ha posto delle difficoltà di gestione dei residui colturali a fine raccolta; invece, i valori di densità di semina alta e media sono riusciti a produrre degli esiti interessanti per l'esperimento. Anche l'effetto della cimatura è stato significativo perché la pianta ha interrotto, o meglio rallentato, il processo di ingrossamento del diametro del caule dando priorità alla crescita della porzione di fusto asportata; effettivamente, le piante cimate presentano un valore medio di diametro del fusto nettamente inferiore al diametro delle piante non cimate. Gli effetti veramente degni di nota, però, si notano soprattutto quando queste due pratiche vengono combinate assieme. Infatti, nei dati del secondo rilievo, viene rivelato che il valore medio del diametro dello stelo dei gruppi A e B è nettamente inferiore a quello di C. Difatti, confrontando i valori (A= 7,45 mm; B= 7,04 mm; C= 9,43 mm) possiamo trarre la conclusione che la cimatura nelle parcelle con densità elevata (A) e media (B) ha promosso un valore medio di fusto più sottile.

Lo sviluppo delle ramificazioni laterali, invece, non ha prodotto l'effetto sperato: non ci sono correlazioni tra lo sviluppo della crescita secondaria e la dimensione inferiore del calibro del fusto. Anzi, si è riscontrato che, probabilmente l'aumento delle ramificazioni è dovuto all'aumento dell'altezza che è a sua volta correlato con l'aumento dell'ampiezza del caule. Infatti, il numero maggiore di ramificazioni riscontrato è stato trovato nel gruppo C che detiene il valore medio di diametro del fusto più alto. Al contrario, il minor numero di ramificazioni si connetteva con i valori di minor ampiezza del fusto (gruppo B). La particolarità è stata il riscontro di un numero elevato di ramificazioni del gruppo A, portatore di un valore medio del calibro del fusto basso e di un'altezza anch'essa bassa.

La ricerca, malgrado le ottime deduzioni ricavate dai dati presi in campo, non si può definire un successo. Infatti, nell'operazione di trinciatura, non si è potuta notare una

differenza significativa tra le diverse parcelle (A, B, C). Probabilmente la facilità nella distruzione dei residui colturali è dovuta al fatto che i fusti eliminati non erano ancora in fase di essiccazione ma si presentavano ancora verdi. Difatti, il problema si mostrava quando i fusti venivano lasciati qualche giorno in campo e, tramite processo naturale, si essiccavano presentando la difficoltà sopra esplicita. Di conseguenza, si può affermare che l'uso di queste pratiche colturali ha agevolato in parte la distruzione dei residui, ma non ha confermato le supposizioni iniziali. Questo metodo non è stato determinante nell'eliminazioni dei residui colturali e non ha prodotto gli esiti auspicati.

7. Bibliografia

Andrew Maxwell P. Jones et al., 2021, The Past, Present and Future of Cannabis sativa Tissue Culture, Canada, University of Guelph.

Bhavna Hurgobin et al., 2020, Recents advices in Cannabis sativa genomics research.

British Medical Association Staff, Therapeutic uses of Cannabis, Gordon & Breach Science Pub, 1999.

Carlton E. Turner, Mahmoud A. Elsohly and Edward G. Boeren, 1980, Constituents of Cannabis sativa L. XVII. A Review of the Natural Constituents, USA, American Chemical Society and American Society of Pharmacognosy.

Christelle M. Andre et al., 2016, Cannabis sativa: The Plant of the Thousand and One molecules, Luxembourg, Luxembourg Institute of Science and Technology.

Ethan B. Russo, 2007, History of Cannabis and Its Preparation in Saga, Science, Sobriquet, Zurich, Verlag Helvetica Chimica Acta AG.

Farinon, B.; Molinari, R.; Costantini, L.; Merendino, N. The Seed of Industrial Hemp (Cannabis sativa L.): Nutritional Quality and Potential Functionality for Human Health and Nutrition. *Nutrients* 2020, 12, 1935. <https://doi.org/10.3390/nu12071935>

Gang Deng et al., 2019, Planting Density and Fertilization Evidently influence The Fiber Yield of Hemp (Cannabis sativa), Kunming,

Giuseppe Civati, Cannabis. Dal proibizionismo alla legalizzazione, Roma, Fandango Libri, 2016, ISBN 9788860444950.

Grotenhermen F, Russo E. Cannabis and cannabinoids. *Pharmacology, Toxicology and Therapeutic potential*. Binghamton, NY: Haworth Press 2002.

Karche, Tahseen and Singh, Manager Rajdeo (2019) "The application of hemp (Cannabis sativa L.) for a green economy: a review," *Turkish Journal of Botany*: Vol. 43: No. 6, Article 2. <https://doi.org/10.3906/bot-1907-15>

(EN) Kojo Koram (a cura di), The War on Drugs and the Global Colour Line, Londra, Pluto Press, 2019, DOI: 10.2307/j.ctvdmwxn7

Joy, J.E. et al. *Marijuana and Medicine: Assessing the Science Base* Institute of Medicine, Karniol, 1999.

Mandolino, G., Carboni, A., Potential of marker-assisted selection in hemp genetic improvement. *Euphytica* 140, 107–120 (2004). <https://doi.org/10.1007/s10681-004-4759-6>

Maria Antonietta Farina Coscioni, Carla Rossi (a cura di), *Proibizionismo criminalità corruzione*, Roma, Universitalia, 2016, ISBN 8865079320.

Matteo Gracis, *Canapa. Una storia incredibile*, Genova, Chinaski Edizioni, 2019, ISBN 9788899759605.

Mnekin, L.; Ripoll, L. Topical Use of *Cannabis sativa* L. *Biochemicals. Cosmetics* 2021, 8, 85. <https://doi.org/10.3390/cosmetics8030085>

Pain, S., A potted history, *Nature* 525, S10–S11 (2015). <https://doi.org/10.1038/525S10a>

Paolo Ranalli, 2020, *La Canapa*, Milano, Edagricole.

(EN) Robert C. Clarke e Mark D. Merlin, *Cannabis: Evolution and Ethnobotany*, Oakland, University of California Press, 2013, ISBN 978-0-520-95457-1.

S. Bisanti M. Bifulco, 2018, *Medical Cannabis: a plurimilennial history of an evergreen*, *Journal of cellular physiology*.

Simona Siena, 2019, *La canapa per ripulire i terreni inquinati: molti i progetti al sud*, sulsud.it

Small Ernest and Arthur Cronquist. “A Practical and Natural Taxonomy for Cannabis.” *Taxon*, vol. 25, no. 4, 1976, pp. 405–35. JSTOR, <https://doi.org/10.2307/1220524>. Accessed 2 Nov. 2022.

Small E., Evolution and Classification of *Cannabis sativa* (Marijuana, Hemp) in Relation to Human Utilization. *Bot. Rev.* 81, 189–294 (2015). <https://doi.org/10.1007/s12229-015-9157-3>

Steven Wishnia, 2004, *The Cannabis Companion*, East Sussex, The Ivy Press Limited.