

Consociazione: Concetti Base e Sua Applicazione in Fragolicoltura. Mini-Review

Intercropping: Basic Concepts and Its Application in Strawberry Cultivation. A Mini-Review

Mischkultur: Grundbegriffe und ihre Anwendung im Erdbeeranbau. Mini-Review

Sebastian Soppelsa¹

¹ Centro di Sperimentazione Laimburg

CITE ARTICLE AS

Soppelsa Sebastian (2021). Intercropping: Basic Concepts and Its Application in Strawberry Cultivation. A Mini-Review. Laimburg Journal 03/2021

CORRESPONDING AUTHOR

Sebastian Soppelsa
Centro di Sperimentazione Laimburg,
Vadena, Laimburg 6, 39040 Ora (BZ), Italia
sebastian.soppelsa@laimburg.it
+390471969680

KEYWORDS

Intercropping, competizione, Land Equivalent Ratio (LER), fragola, stress biotici

INTRODUZIONE

L'agricoltura biologica, come ben noto, tende a far registrare livelli produttivi inferiori rispetto alla tradizionale agricoltura convenzionale, e questo è dovuto all'incidenza di stress di tipo abiotico e biotico non sempre facilmente controllabili [1] [2] [3] [4]. Per ovviare, o almeno alleviare, questo aspetto negativo, si dovrebbe far leva sullo sviluppo di pratiche agro-ecologiche sostenibili che favoriscano la biodiversità [5]. Uno dei principi fondamentali su cui si fonda l'agricoltura biologica è senza dubbio il concetto di biodiversità [6]. L'affermazione "l'agricoltura biologica, un rifugio per la biodiversità" [7], può dar subito un'idea dell'importanza che riveste la tutela, la conservazione e l'incremento della biodiversità in un'agricoltura proiettata verso il futuro. Con il termine biodiversità ci si riferisce a quella moltitudine di piante e animali che positivamente interagiscono tra di loro per un ottimale equilibrio all'interno dell'ecosistema [8]. Purtroppo, l'agricoltura convenzionale, intensiva, non sostenibile può essere considerata la principale causa di deterioramento della biodiversità [9] [10]. Il ricorso a pratiche agricole sostenibili come quelle rientranti nell'agricoltura biologica potrebbero rappresentare una valida soluzione nel limitare la perdita di biodiversità negli agroecosistemi [11] [12]. Uno degli esempi più noti è rappresentato dalla coltivazione in rotazione di specie appartenenti alla famiglia delle leguminose, le quali sono in grado di apportare una buona fonte di azoto al suolo, riducendo così gli input antropici per la coltura successiva [5]. Oltre agli avvicendamenti/rotazioni colturali, con indubbi pro e contro per chi li pratica, forse la tecnica culturale della consociazione può rappresentare al meglio il concetto di biodiversità in agricoltura biologica, tentando di colmare quel gap produttivo che contraddistingue tuttora un sistema di coltivazione sostenibile da uno tradizionale. La consociazione, o in inglese definita intercropping, è una tecnica culturale purtroppo non ancora

molto sfruttata da chi pratica l'agricoltura biologica [13]. Il principio su cui si basa consiste nel consociare, o meglio coltivare contemporaneamente piante di specie diverse sullo stesso appezzamento di terreno [14]. In altre parole, la coltura principale (target crop) crescerà assieme ad una coltura secondaria (companion crop) e ciò farà sì che le due colture ottengano un reciproco vantaggio derivante appunto dall'incremento di biodiversità [15].

BENEFICI DERIVANTI DALL'INTERCROPPING

STABILITÀ PRODUTTIVA

Si potrebbe pensare a una riduzione nella produzione della target crop, dovuto all'inevitabile rapporto competitivo che si crea tra le colture consociate a seguito della limitata disponibilità di risorse come acqua, nutrienti e luce. Questa situazione dovrebbe essere scongiurata dalla scelta di ottimali companion crops e quindi instaurando un'interazione armoniosa tra le due colture. Per meglio comprendere questo argomento, ci possono aiutare i concetti di "complementary" e "facilitation" [16] [17]. Con il termine "complementary" si intende la diminuzione della competizione attraverso una ripartizione delle risorse basata su una segregazione spazio-temporale (es. diversi stadi fenologici, sfruttare gli spazi non coltivati come gli interfilari, ...) o legata all'architettura della pianta (es. taglia simile alla target crop, apparato radicale contenuto, apparato radicale fittonante qualora fosse superficiale nella target crop, ...) [16] [17]. Mentre il concetto di "facilitation", si riferisce al reciproco vantaggio che le colture consociate ottengono in termini di maggiore crescita vegetativa, riproduttiva e sopravvivenza attraverso l'agevolazione di meccanismi che alterano l'ambiente biotico/abiotico e quindi favorendo la disponibilità di acqua, azoto (N), fosforo (P), microelementi (Fe, Zn, Cu), attraendo organismi benefici sia nemici naturali

$$\text{LER} = \frac{\text{IC}_a}{\text{M}_a} + \frac{\text{IC}_b}{\text{M}_b}$$

Fig. 1: Formula per calcolare il LER (Land Equivalent Ratio o rapporto di suolo equivalente), dove IC = produzione della coltura in intercropping, M = produzione in monocropping, a = target crop, b = companion crop // Equation used to calculate the LER (Land Equivalent Ratio), where IC = intercrop yield, M = monocrop yield, a = target crop, b = companion crop.

che impollinatori e ostacolando lo sviluppo di erbe infestanti [16] [17]. Ad esempio, ricorrere alla consociazione della fragola con piante leguminose, quali fava (*Vicia faba* L.) pisello (*Pisum sativum* L.) trifoglio (*Trifolium hybridum* L.), si è rivelato promettente nell'influenzare positivamente le proprietà biologiche del suolo, con reciproco vantaggio per le colture [18]. Un indicatore molto utilizzato per verificare l'efficacia della consociazione rispetto alla monocultura è rappresentato dal Land Equivalent Ratio (LER) [19] (Fig. 1). Tale rapporto tiene in considerazione la produzione delle singole specie consociate con la produzione che si otterrebbe in monocultura [20]. Un LER pari a 1 indica che le colture consociate hanno una produzione simile, sia che si trovino in consociazione sia in monocultura. Se il LER è superiore a 1, significa che la consociazione sfrutta più efficientemente il suolo coltivato. Se inferiore a 1, la consociazione ha effetti peggiorativi sulle colture [14]. Secondo lo studio di Karlidag e Yildirim [19], una consociazione tra fragola e lattuga (*Lactuca sativa* L.) o con ravanella (*Raphanus sativus* L.) o con cipolla (*Allium cepa* L.), genera un LER maggiore di 1, senza avere alcuna influenza negativa sulle caratteristiche chimiche dei frutti di fragola. Un ulteriore studio, in cui la fragola era consociata con l'aglio, ha messo in evidenza la mancanza di ripercussioni negative sul livello produttivo delle rispettive colture in confronto alla coltivazione di tali colture in monocultura (LER superiore a 1) e fatto registrare un incremento nel ricavo per l'agricoltore, derivante dalla vendita sia della target crop che della companion crop [21].

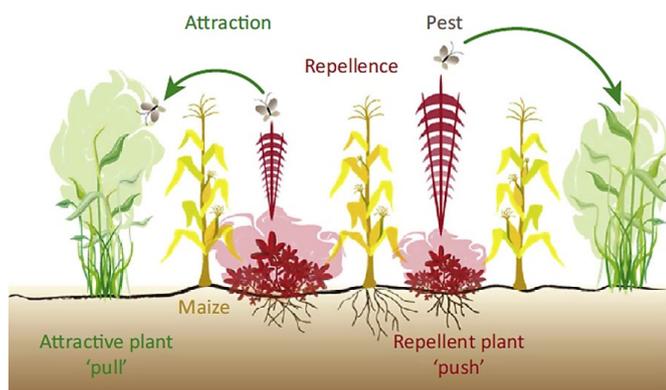


Fig. 2: Sistema push-pull. Esempio pratico su mais // Push-pull system. Practical example with corn [22].

CONTROLLO DI STRESS BIOTICI

La tecnica della consociazione ha dimostrato di essere efficiente nel controllare lo sviluppo delle malerbe, degli insetti dannosi, dei patogeni, attirare gli insetti pronubi, i predatori, i parassitoidi e quindi favorire uno sviluppo armonioso delle colture coltivate [14]. Queste diverse azioni dipendono dal ruolo che vogliamo far rivestire alla companion crop [15]. Una companion crop con effetto "repellent crop" avrà il compito di allontanare gli organismi dannosi. Se invece gli attribuiamo un effetto "trap crop", in questo caso la coltura secondaria attirerà su di essa la minaccia biotica con conseguente salvaguardia della coltura principale ma con inevitabile perdita di quella secondaria [15]. Qualora vengano usate contemporaneamente una trap crop ed una repellent crop, in tal caso si parla di sistema push-pull. Un esempio pratico di questo sistema applicato alla coltura del mais può essere la coltivazione nell'interfila di una repellent crop (es. *Desmodium* spp.), la quale agirà da push crop nei confronti della piralide, mentre una trap crop (o pull crop, es. *Penisetum purpureum* Schumach) posta ai lati dell'appezzamento emetterà dei semiochimici con azione attrattiva della piralide (Fig. 2). Così facendo, la pianta di mais risulterà protetta [14] [22]. Hata et al. [23] hanno studiato gli effetti della consociazione tra fragola e alcune companion crops, come l'erba cipollina (*Allium schoenoprasum* L.), il coriandolo (*Coriandrum sativum* L.), il finocchio (*Foeniculum vulgare* Mill.), l'aglio (*Allium sativum* L.), l'origano (*Origanum vulgare* L.), la maggiorana (*Origanum majorana* L.), per cercare di contenere la popolazione di acari (*Tetranychus urticae* Koch) sotto la soglia di danno. Sebbene gran parte delle piante aromatiche testate abbia dato buoni risultati, consociare la fragola con piante di aglio consente una riduzione di oltre il 50% nel numero di individui di *Tetranychus urticae*. Questo effetto repellente sarebbe imputabile all'emissione di composti volatili bioattivi (es. disolfuro di diallile e trisolfuro di diallile) da parte di specie appartenenti al genere *Allium*. Lo stesso autore pone l'attenzione sul fatto di come la riduzione dell'infestazione da acari sia direttamente proporzionale all'aumentare della densità della companion crop (Fig. 3). Un'ulteriore conferma dell'efficacia repellente delle piante aromatiche nei confronti degli acari deriva da Fathi [24], consociando la fragola con il coriandolo (*Coriandrum sativum* L.). In uno studio successivo, Hata et al. [25] hanno confermato l'efficacia di *Allium sativum* L. e *Allium tuberosum* Rottl. ex Spr., utilizzati rispettivamente per intercropping (se fragola coltivata in suolo) e undercropping (con fragola coltivata fuori suolo), nel contrastare efficacemente la presenza di insetti dannosi, quali la *Neopamera bilobata* Say.

In letteratura troviamo anche alcuni esempi che hanno per oggetto una pianta orticola come target crop. De Carvalho et al. [26] hanno osservato una drastica riduzione dei frutti colpiti da un lepidottero notturno (*Helicoverpa zea* Boddie) consociando il pomodoro con il finocchio (*Foeniculum vulgare* Mill.). Tale effetto è stato parzialmente registrato anche nella consociazione del pomodoro con basilico (*Ocimum basilicum* L.) o ruta (*Ruta graveolens* L.). Inoltre, si erano raggiunti valori LER superiori a 2, il che significa che la consociazione si è dimostrata di grande efficienza in termini di utilizzo del suolo. In un'altra prova, la patata consociata con geranio (*Pelargonium graveolens* L'Hér.), lemon grass (*Cymbopogon citratus* DC. Stapf) e basilico (*Ocimum basilicum* L.) hanno ridotto l'infestazione da mosca bianca del tabacco (*Bemisia tabaci* Genn.), tripidi (*Thrips tabaci* Lind.) e tignola della patata (*Phthorimaea operculella* Zell.) [27]. La nottua delle sementi (*Agrotis ipsilon* Huf.) aveva provocato



Fig. 3: Esempio di *intercropping* di fragola con erba cipollina in Val Martello (Italia) // An example of strawberry intercropped with chives in Martell Valley (Italy).

minori danni su lattuga consociata con cipolla (*Allium cepa* L.) rispetto alla lattuga coltivata in monocultura [28].

MIGLIORAMENTO DELLE CONDIZIONI PEDOLOGICHE

L'interazione delle colture consociate con la rizosfera crea dei meccanismi in grado di modificare le proprietà fisico-chimiche del suolo, così come le comunità microbiologiche ne vengono influenzate [29] [30]. Nello specifico, la consociazione può favorire il contenuto di carbonio organico nel suolo, migliorare la struttura del suolo, aumentare la permeabilità del suolo e la sua capacità di trattenere l'acqua, ridurre i fenomeni di erosione, stimolare l'attività biologica, regolare l'emissione di CO₂ e N₂O dal suolo, e ridurre la presenza di fitofagi, patogeni e malerbe [31] [32] [33] [34]. Inoltre, come risaputo, le leguminose rappresentano delle valide companion crops da inserire in un sistema di intercropping, soprattutto grazie alla loro attività azoto-fissatrice [35] [36]. Ad esempio, la consociazione dell'arachide (*Arachis hypogaea* L.) o della fava (*Vicia faba* L.) con il mais (*Zea mays* L.) ha dimostrato di incrementare la presenza di microorganismi azoto fissatori come ad esempio: *Rhizobium hainanense*, *Rhizobium leguminosarum*, e *Frankia*, incrementando così il parametro Nitrogen Use efficiency (NUE) [37] [38]. Per di più, in suoli caratterizzati dalla bassa solubilità e biodisponibilità del ferro (Fe) o del fosforo (P), tramite gli essudati emessi dalle radici di alcune companion crops (es. *Allium sativum* L., *Lupinus albus* L.) si può modificare la popolazione microbica del suolo e favorire la mobilizzazione di quei nutrienti, rendendoli disponibili alle piante consociate [29] [39] [40] [34] [41].

La tecnica della consociazione, oltre quindi a rappresentare un'opportunità per ridurre l'apporto antropico di elementi nutritivi [42], potrebbe trovare applicazione nel contrastare gli effetti della stanchezza del suolo [43]. Consociare la pianta della fragola con colture

in grado di produrre a livello radicale degli essudati tossici nei confronti dei patogeni responsabili della soil-borne diseases, potrebbe essere una valida alternativa all'utilizzo di prodotti fumiganti o alla tradizionale rotazione [44].

Colture secondarie solitamente inserite in piani di rotazione (ad esempio, *Ruta graveolens* L., *Tagetes erecta* L., *Viola alba* Besser e ibridi di *Sorghum*; [45]) potrebbero trovare spazio ed emettere degli essudati radicali con funzione tossica per gran parte dei patogeni nel suolo (ad esempio, semina del tagete tra la doppia fila di fragola sul baule). Tringovska et al. [46] hanno valutato la capacità del tagete (*Tagetes patula* L.), basilico (*Ocimum basilicum* L.), lattuga (*Lactuca sativa* L.) e senape bianca (*Sinapis alba* L.) consociate con la target crop del pomodoro nel ridurre la densità della popolazione di nematodi (*Meloidogyne* spp.) responsabili del Root Galling. Dai loro risultati emerge che tutte le companion crops si sono dimostrate efficaci nel dimezzare la popolazione di nematodi nel suolo, soprattutto la senape e il tagete.

Altro aspetto da tenere in considerazione tramite l'intercropping è la possibilità di interrare i residui della companion crop (ad esempio con una brassicacea) alla fine del suo ciclo produttivo [47]. Una breve parentesi va aperta sul meccanismo d'azione delle piante appartenenti alla famiglia delle *Brassicaceae*. Le specie appartenenti a tale famiglia, come ad esempio la *Brassica oleracea* L. (broccoli, cavolfiore, cappuccio, verza, cavoletti di Bruxelles), *Brassica rapa* L. (rapa, cavolo cinese), *Brassica napus* L. (colza), *Brassica juncea* L. (senape) e *Raphanus sativus* L. (ravanello) contengono nei loro tessuti dei glucosinolati (GSL) ovvero dei composti glucosidici contenenti zolfo. Quando i tessuti di quelle piante vengono danneggiati, i glucosinolati entrando in contatto con un enzima (la mirosinasi) vengono idrolizzati e si formano isotiocianati (ITC), tiocianati, nitrili, goitrine ed epitioitrili, a seconda del pH e di altre condizioni. Questo

meccanismo prende il nome di “glucosinolate-myrosinase system” [48].

Subbarao et al. [49] hanno osservato che la coltivazione e successivo interrimento dei residui vegetali di broccoli, cavolini di Bruxelles e cavolfiore (scritti in ordine di efficacia decrescente) abbia ridotto significativamente l'inoculo di *Verticillium dahliae* (nessun effetto contro *Pythium* spp.) e pertanto fatto registrare un incrementato vigore e produzione nelle piante di fragola coltivate dopo quelle orticole del genere *Brassica*. Gli autori precisano che per alcuni dei parametri analizzati, questo sistema di coltivazione ha dimostrato un'efficacia paragonabile al controllo positivo con metil bromuro + cloropicrina. Allo stesso modo, anche la popolazione di nematodi (*Pratylenchus penetrans*, *Aphelenchoides fragariae*) è apparsa ridotta, riducendo le necrosi radicali ed aumentando la produzione nelle piante di fragola [50]. In un'altra prova, la coltivazione di avena (*Avena strigosa* Schreb.) e sorgo (*Sorghum bicolor* x *S. sudanense*) ha dimostrato promettenti effetti nella riduzione di *P. penetrans* e *R. fragariae* responsabili del Black Root Rot (BRR) nelle piante di fragola successivamente coltivate [51]. Risultato non solo dovuto al rilascio di essudati tossici, ma anche al miglioramento delle caratteristiche fisico-chimiche del suolo (es. riduzione nella compattazione del suolo, favorita l'infiltrazione d'acqua, ...).

REFERENCES

- [1] De Ponti T., Rijk B., van Ittersum M.K. (2012). The crop yield gap between organic and conventional agriculture. *Agricultural Systems* 108, 1-9, DOI: [10.1016/j.agsy.2011.12.004](https://doi.org/10.1016/j.agsy.2011.12.004).
- [2] Rööös E., Mie A., Wivstad M. et al. (2018). Risks and opportunities of increasing yields in organic farming. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 38:14, DOI: [10.1007/s13593-018-0489-3](https://doi.org/10.1007/s13593-018-0489-3).
- [3] Rundlöf M., Smith H. G., Birkhofer K. (2016). Effects of organic farming on biodiversity, in: *Encyclopedia of Life Sciences*, John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, USA, DOI: [10.1002/9780470015902.a0026342](https://doi.org/10.1002/9780470015902.a0026342).
- [4] Schrama M., De Haan J. J., Kroonen M. et al. (2018). Crop yield gap and stability in organic and conventional farming systems, *Agriculture, Ecosystems & Environment* 256, 123-130, DOI: [10.1016/j.agee.2017.12.023](https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.12.023).
- [5] Bedoussac L., Journet E.-P., Hauggaard-Nielsen H. et al. (2015). Ecological principles underlying the increase of productivity achieved by cereal-grain legume intercrops in organic farming. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 35, 911-935, DOI: [10.1007/s13593-014-0277-7](https://doi.org/10.1007/s13593-014-0277-7).
- [6] Rahmann G. (2011), Biodiversity and Organic farming: What do we know? *Agriculture and Forestry Research* 3 (61) 189-208. Poster at: The 10th International Mammalogical Congress, Mendoza, Argentina, August 9-14, 2009. Retrieved August 10, 2020 from <https://orgprints.org/id/eprint/16306/>.
- [7] Jensen T.S., Hansen T.S., Olsen K. (2011). Organic farms as refuges for small mammal biodiversity in agro ecosystems. Retrieved August 10, 2020 from <https://orgprints.org/id/eprint/19072/>.
- [8] Jarvis D.I., Padoch C., Cooper H.D. (2017). Biodiversity, agriculture, and ecosystem services, In: Jarvis D.I., Padoch C., Cooper H.D. (eds.). *Managing Biodiversity in Agricultural Ecosystems*. Columbia University Press, New York City, New York, USA, pp. 1-12.
- [9] Dudley N., Alexander S. (2017). Agriculture and biodiversity. A review. *Biodiversity* 18 (2-3), 45-49, DOI: [10.1080/14888386.2017.1351892](https://doi.org/10.1080/14888386.2017.1351892).
- [10] Erisman J.W., van Eekeren N., de Wit J. et al. (2016). Agriculture and biodiversity. A better balance benefits both. *AIMS Agriculture and Food* 1 (2), 157-174, DOI: [10.3934/agrfood.2016.2.157](https://doi.org/10.3934/agrfood.2016.2.157).
- [11] Hole D.G., Perkins A.J., Wilson J.D. et al. (2005). Does organic farming benefit biodiversity? *Biological Conservation* 122 (1), 113-130, DOI: [10.1016/j.biocon.2004.07.018](https://doi.org/10.1016/j.biocon.2004.07.018).
- [12] Liu H., Meng J., Bo W. et al. (2016). Biodiversity management of organic farming enhances agricultural sustainability. *Scientific Reports* 6:23816, DOI: [10.1038/srep23816](https://doi.org/10.1038/srep23816).
- [13] Fowler C., Condrón L., McLenaghan R. (2004). Effect of green manures on nitrogen loss and availability in organic cropping system. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 47 (1), 95-100, DOI: [10.1080/00288233.2004.9513575](https://doi.org/10.1080/00288233.2004.9513575).
- [14] Bybee-Finley K., Ryan M. (2018). Advancing intercropping research and practices in industrialized agricultural landscapes. *Agriculture* 8 (6), 80, DOI: [10.3390/agriculture8060080](https://doi.org/10.3390/agriculture8060080).
- [15] Parker J.E., Snyder W.E., Hamilton G.C. et al. (2013). Companion planting and insect pest control. In: Soloneski S., Larramendy M. (eds.). *Weed and Pest Control. Conventional and New Challenges*. IntechOpen, Rijeka, Croatia, pp. 1-30, DOI: [10.5772/55044](https://doi.org/10.5772/55044).
- [16] Betencourt E., Duputel M., Colomb B. et al. (2012). Intercropping promotes the ability of durum wheat and chickpea to increase rhizosphere phosphorus availability in a low P soil. *Soil Biology and Biochemistry* 46, 181-190, DOI: [10.1016/j.soilbio.2011.11.015](https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2011.11.015).
- [17] Brooker R.W., Bennett A.E., Cong W.-F. et al. (2015). Improving intercropping. A synthesis of research in agronomy, plant physiology and ecology. *New Phytologist* 206 (1), 107-117, DOI: [10.1111/nph.13132](https://doi.org/10.1111/nph.13132).
- [18] Dane S., Laugale V., Lepse L. et al. (2017). Influence of legumes on soil fertility in strawberry - legume intercropping. In: Treija S., Skujeniec S. (eds.). *Research for Rural Development 2017. Vol. 2. Annual 23rd International Scientific Conference Proceedings*, Jelgava, Latvia, May 17-19, 2017. Latvia University of Agriculture, Jelgava, Latvia, pp. 26-32, DOI: [10.22616/rrd.23.2017.045](https://doi.org/10.22616/rrd.23.2017.045).

CONCLUSIONI

In un'agricoltura moderna, sempre più al servizio della società, del territorio e quindi attenta ai temi da sempre al centro di dibattito, la tecnica della consociazione dovrebbe poter trovare spazio, soprattutto nelle aziende a gestione biologica. Bisogna quindi porre attenzione nell'individuazione di idonee companion crops, ovvero piante complementari che non ostacolano, ma rafforzino la coesistenza con la target crop (in questo caso la fragola). Non meno importante, il fatto che l'agricoltore sia in grado di ottenere una remunerazione aggiuntiva dalla vendita delle companion crops. Sperimentazioni in questa direzione sono in atto presso il Centro di Sperimentazione Laimburg (BZ, Italia). A breve saranno disponibili risultati preliminari emersi nel corso dell'annata 2020 e 2021.

- [19] Karlidag H., Yildirim E. (2009). Strawberry intercropping with vegetables for proper utilization of space and resources. *Journal of Sustainable Agriculture* 33 (1), 107-116, DOI: [10.1080/10440040802587462](https://doi.org/10.1080/10440040802587462).
- [20] Mead R., Willey R.W. (1980). The concept of a 'Land Equivalent Ratio' and advantages in yields from intercropping. *Experimental Agriculture* 16 (3), 217-228, DOI: [10.1017/S0014479700010978](https://doi.org/10.1017/S0014479700010978).
- [21] Hata F.T., Ventura M.U., de Paula M.T. et al. (2019). Intercropping garlic in strawberry fields improves land equivalent ratio and gross income. *Ciencia Rural* 49 (12), DOI: [10.1590/0103-8478cr20190338](https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20190338).
- [22] Stenberg J.A., Heil M., Åhman I. et al. (2015). Optimizing crops for bio-control of pests and disease. *Trends in Plant Sciences* 20 (11), 698-712, DOI: [10.1016/j.tplants.2015.08.007](https://doi.org/10.1016/j.tplants.2015.08.007).
- [23] Hata F.T., Ventura M.U., Carvalho M.G. et al. (2016). Intercropping garlic plants reduces *Tetranychus urticae* in strawberry crop. *Experimental and Applied Acarology* 69 (3), 311-321, DOI: [10.1007/s10493-016-0044-3](https://doi.org/10.1007/s10493-016-0044-3).
- [24] Fathi S.A.A. (2019). Intercropping effect of strawberry and coriander for controlling the two spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: *Tetranychidae*). *Plant Pests Research* 9 (2), 15-24, DOI: [10.22124/ijprj.2019.3620](https://doi.org/10.22124/ijprj.2019.3620).
- [25] Hata F.T., Ventura M.U., Béga V.L. (2019). Chinese chives and garlic in intercropping in strawberry high tunnels for *Neopamera bilobata* Say (Hemiptera: *Rhyparochromidae*) control. *Bulletin of Entomological Research* 109 (4), 419-425, DOI: [10.1017/S0007485318000299](https://doi.org/10.1017/S0007485318000299).
- [26] de Carvalho L.M., de Oliveira I.R., Almeida N.A. et al. (2012). The effects of biotic interaction between tomato and companion plants on yield. *Acta Horticulturae* 933, 347-354, DOI: [10.17660/ActaHort.2012.933.45](https://doi.org/10.17660/ActaHort.2012.933.45).
- [27] Moawad S. (2003). Effect of intercropping potato crop with some medicinal and ornamental plants on insect infestations. *Bulletin of the National Research Centre (Cairo)* 28 (3), 337-346.
- [28] Sulvai T., Chauque B.J.M., Macuvele D.L.P. (2016). Intercropping of lettuce and onion controls caterpillar thred, *Agrotis ipsilon* major insect pest of lettuce. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture* 3 (1), 28, DOI: [10.1186/s40538-016-0079-z](https://doi.org/10.1186/s40538-016-0079-z).
- [29] Dai J., Qiu W., Wang N. et al. (2019). From Leguminosae/Gramineae Intercropping Systems to See Benefits of Intercropping on Iron Nutrition. *Frontiers Plant Science* 10, 605, DOI: [10.3389/fpls.2019.00605](https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00605).
- [30] Wang G., Bei S., Li J. et al. (2021). Soil microbial legacy drives crop diversity advantage. Linking ecological plant-soil feedback with agricultural intercropping. *Journal of Applied Ecology* 58 (3), 496-506, DOI: [10.1111/1365-2664.13802](https://doi.org/10.1111/1365-2664.13802).
- [31] Cong W.-F., Hoffland E., Li L. et al. (2015). Intercropping enhances soil carbon and nitrogen. *Global Change Biology* 21 (4), 1715-1726, DOI: [10.1111/gcb.12738](https://doi.org/10.1111/gcb.12738).
- [32] Mousavi S. R., Eskandari H. (2011). A General Overview on Intercropping and Its Advantages in Sustainable Agriculture. *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences* 1 (11), 482-486.
- [33] Romaneckas K., Adamavičienė A., Šarausis E. et al. (2020). The Impact of Intercropping on Soil Fertility and Sugar Beet Productivity. *Agro-nomy* 10 (9), 1406, DOI: [10.3390/agronomy10091406](https://doi.org/10.3390/agronomy10091406).
- [34] Wang Z.-G., Jin X., Bao X.-G. et al. (2014). Intercropping Enhances Productivity and Maintains the Most Soil Fertility Properties Relative to Sole Cropping. *PLoS ONE* 9 (12), e113984, DOI: [10.1371/journal.pone.0113984](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0113984).
- [35] Maitra S., Hossain A., Brestic M. et al. (2021). Intercropping. A Low Input Agricultural Strategy for Food and Environmental Security. *Agro-nomy* 11 (2), 343, DOI: [10.3390/agronomy11020343](https://doi.org/10.3390/agronomy11020343).
- [36] Mazzafera P., Favarin J.L., de Andrade S.A.L. (eds.) (2021). Intercropping Systems in Sustainable Agriculture. *Frontiers in Sustainable Food Systems* 5:634361, DOI: [10.3389/fsufs.2021.634361](https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.634361).
- [37] Chen J., Arafat Y., Wu L. K. et al. (2018). Shifts in soil microbial community, soil enzymes and crop yield under peanut/maize intercropping with reduced nitrogen levels. *Applied Soil Ecology* 124, 327-334, DOI: [10.1016/j.apsoil.2017.11.010](https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.11.010).
- [38] Fan F., Zhang F., Song Y. et al. (2006). Nitrogen fixation of faba bean (*Vicia faba* L.) interacting with a non-legume in two contrasting intercropping systems. *Plant Soil* 283, 275-286, DOI: [10.1007/s11104-006-0019-y](https://doi.org/10.1007/s11104-006-0019-y).
- [39] Dissanayaka D.M.S.B., Wickramasinghe W.M.K.R., Marambe B. et al. (2017). Phosphorus-mobilization strategy based on carboxylate exudation in lupins (*Lupinus*, *Fabaceae*). A mechanism facilitating the growth and phosphorus acquisition of neighbouring plants under phosphorus-limited conditions. *Experimental Agriculture* 53 (2), 308-319, DOI: [10.1017/S0014479716000351](https://doi.org/10.1017/S0014479716000351).
- [40] Gardner W.K., Boundy K.A. (1983). The Acquisition of Phosphorus by *Lupinus Albus* L. IV. The Effect of Interplanting Wheat and White Lupin on the Growth and Mineral Composition of the Two Species. *Plant and Soil* 70 (3), 391-402.
- [41] Xiao X., Cheng Z., Meng H. et al. (2013). Intercropping of green garlic (*Allium sativum* L.) induces nutrient concentration changes in the soil and plants in continuously cropped cucumber (*Cucumis sativus* L.) in a plastic tunnel. *PLoS One* 8 (4), e62173, DOI: [10.1371/journal.pone.0062173](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0062173).
- [42] Du Q., Zhou L., Chen P. et al. (2020). Relay-intercropping soybean with maize maintains soil fertility and increases nitrogen recovery efficiency by reducing nitrogen input. *The Crop Journal* 8 (1), 140-152, DOI: [10.1016/j.cj.2019.06.010](https://doi.org/10.1016/j.cj.2019.06.010).
- [43] McIntyre B., Gold C., Kshajija I. et al. (2001). Effects of legume intercropping on soil-borne pests, biomass, nutrients and soil water in banana. *Biol Fertil Soils* 34, 342-348, DOI: [10.1007/s003740100417](https://doi.org/10.1007/s003740100417).
- [44] LaMondia J.A., Elmer W.H., Mervosh T.L. et al. (2002). Integrated management of strawberry pests by rotation and intercropping. *Crop protection* 21 (9), 837-846, DOI: [10.1016/s0261-2194\(02\)00050-9](https://doi.org/10.1016/s0261-2194(02)00050-9).
- [45] Minuto A., Lazzeri L. (2010). La fragola. Coltivazione. Fumigazione del suolo. In: Faedi W. (ed.). *La Fragola*. (Coltura & Cultura). Bayer CropScience, Ed. Script, Bologna, Italia, hier p. 254.
- [46] Tringovska I., Yankova V., Markova D. et al. (2015). Effect of companion plants on tomato greenhouse production. *Scientia Horticulturae* 186, 31-37, DOI: [10.1016/j.scienta.2015.02.016](https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.02.016).
- [47] Clarkson J., Michel V., Neilson R. (2015). Biofumigation for the control of soil-borne diseases. Mini paper: Biofumigation. Retrieved December 20, 2020, from <https://ec.europa.eu/eip/agriculture/en/focus-groups/ipm-practices-soil-borne-diseases-suppression>.
- [48] Ishida M., Hara M., Fukino N. et al. (2014). Glucosinolate metabolism, functionality and breeding for the improvement of *Brassicaceae* vegetables. *Breeding Science* 64, 48-59, DOI: [10.1270/jsbbs.64.48](https://doi.org/10.1270/jsbbs.64.48).
- [49] Subbarao K.V., Kabir Z., Martin F.N. et al. (2007). Management of soil-borne diseases in strawberry using vegetable rotations. *Plant Disease* 91 (8), 964-972, DOI: [10.1094/PDIS-91-8-0964](https://doi.org/10.1094/PDIS-91-8-0964).
- [50] Villanueva L.M., Agustin F.T. (2016). Broccoli rotation and residue amendment. A sustainable management option for soil-borne diseases of strawberry. *Benguet State University Research Journal* 76, 32-44.
- [51] LaMondia J.A. (1999). Effects of *Pratylenchus penetrans* and *Rhizoctonia fragariae* on vigor and yield of strawberry. *The Journal of Nematology* 31 (4), 418-423.



Dieses Werk ist lizenziert unter einer [Creative Commons Namensnennung-Nicht kommerziell 4.0 International Lizenz](#).
Quest'opera è distribuita con [Licenza Creative Commons Attribuzione - Non commerciale 4.0 Internazionale](#).
This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](#).

Für alle Abbildungen und Tabellen ohne Nennung des Urhebers gilt: © Versuchszentrum Laimburg.
Per tutte le immagini e tabelle senza menzione dell'artefice vale: © Centro di Sperimentazione Laimburg.
For all figures and tables without mention of the originator applies: © Laimburg Research Centre.