Agroind. sci. 15(3): 273-282 (2025)

Agroindustrial Science

Website: http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/agroindscience

Escuela de Ingeniería Agroindustrial

Universidad Nacional de Trujillo

Esta obra está publicada bajo la licencia CC BY-NC-4.0

Influencia de los arreglos de siembra en el cultivo asociado de pimiento orgánico (*Capsicum annuum*) cv "Cardinal" y albahaca (*Ocimum basilicum*) en la Costa Central del Perú

Planting arrangement intercropping organic pepper (*Capsicum annuum*) cv. Cardinal with basil (*Ocimum basilicum*) at the Central Coast of Peru

Jorge Víctor Grández-Vega[1*]; Sarita Maruja Moreno Llacza[2]; Cesar Huaripata[3]

[1] Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Agronomía. Av. La Molina s/n, La Molina, Lima, Perú.
[2] Departamento de Hortalizas de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Av. La Molina s/n, La Molina, Lima, Perú.
[3] Departamento de Entomología de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Av. La Molina s/n, La Molina, Lima, Perú.

ORCID de los autores
J. V. Grández-Vega: https://orcid.org/0009-0002-6054-2429
S. M. Moreno Llacza: https://orcid.org/0009-0006-7514-9485
C. Huaripata: https://orcid.org/0000-0003-3052-9266

RESUMEN

En la agricultura orgánica, la asociación de cultivos representa una estrategia clave para mejorar el rendimiento y la sostenibilidad de los sistemas productivos. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el rendimiento, la calidad de frutos y la incidencia de plagas clave en cuatro arreglos de siembra en la asociación pimiento-albahaca en condiciones de la costa central del Perú. Se empleó un diseño de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones y cuatro tratamientos: T1 (monocultivo de pimiento: 14 hileras, 140 plantas); T2 (arreglo 1:1, 7HP–7HA, 70 plantas de cada especie); T3 (arreglo 3:4, 6HP–8HA); y T4 (arreglo 5:9, 5HP–9HA). Las asociaciones superaron al monocultivo en todos los parámetros evaluados. El T3 obtuvo el mayor rendimiento total (3,82 kg m^{-2}) y comercial (3,47 kg m^{-2}), seguido del T2 con 3,67 y 3,45 kg m^{-2}, superando a T1 en 27–32%. En calidad, T2 destacó con hasta 80,9% de frutos de primera categoría. Asimismo, la inclusión de albahaca redujo las poblaciones de *Frankliniella occidentalis, Prodiplosis longifila* y *Spodoptera spp*. entre 29% y 47%. En conclusión, T3 y T2 mostraron los mejores resultados en el rendimiento, la calidad y el control biológico, constituyéndose en alternativas agroecológicas viables.

Palabras clave: agricultura orgánica; pimiento; asociación de cultivos; plagas; manejo orgánico.

ABSTRACT

In organic agriculture, cropping associations represent a key strategy for improving the yield and sustainability of production systems. This study aimed to evaluate yield, fruit quality, and the incidence of key pests in four planting arrangements in the pepper-basil association under conditions on the central coast of Perú. A completely randomized block design with four replications and four treatments was used: T1 (pepper monoculture: 14 rows, 140 plants); T2 (1:1 arrangement, 7HP–7HA, 70 plants of each species); T3 (3:4 arrangement, 6HP–8HA); and T4 (5:9 arrangement, 5HP–9HA). The associations outperformed the monoculture in all the parameters evaluated. T3 had the highest total (3.82 kg m^{-2}) and marketable (3.47 kg m^{-2}) yield, followed by T2 with 3.67 and 3.45 kg m^{-2}, surpassing T1 by 27–32%. T2 stood out in terms of quality, with up to 80.9% of first-class fruits. Furthermore, the inclusion of basil reduced the populations of *Frankliniella occidentalis, Prodiplosis longifila,* and *Spodoptera spp.* by between 29% and 47%. In conclusion, T3 and T2 showed the best results in terms of yield, quality, and biological control, constituting viable agroecological alternatives.

Keywords: organic agriculture; bell pepper; crop association; pests; organic management.

Recibido 13 junio 2025
Aceptado 30 agosto 2025

* Autor correspondiente: jvgrandez.vega@gmail.com (J. V. Grández-Vega)

DOI: http://doi.org/10.17268/agroind.sci.2025.03.08

1. Introducción

En los últimos años, el crecimiento poblacional y la creciente demanda de alimentos inocuos y sostenibles han planteado retos significativos para la agricultura, especialmente en países en desarrollo como Perú (Dikr, 2022; Maitra et al., 2021). Entre las hortalizas de mayor consumo a nivel mundial, el pimiento (*Capsicum annuum* L.) es de gran importancia económica para nuestro país. Perú es el quinto exportador mundial de este fruto (Goñy & Casas, 2021; MIDAGRI, 2018). Sin embargo, a pesar de su relevancia en la agricultura familiar, el cultivo de pimiento enfrenta varios desafíos, el principal de ellos, son las plagas y enfermedades, que se incrementan por el cambio climático y eventos como el fenómeno "El Niño" (Arsi et al., 2023; Brito et al., 2021; Da Silva et al., 2021; Dekebo, 2023; Rosulu et al., 2022). Este panorama ha llevado a muchos agricultores a recurrir al uso excesivo de pesticidas, una práctica que, si bien es efectiva a corto plazo, genera preocupaciones sobre su impacto en la salud humana, el medio ambiente y la biodiversidad (Gunaeni et al., 2024; Khanal et al., 2021; Maitra et al., 2021; Pereira et al., 2018; Weih et al., 2022). Por ello, la búsqueda de soluciones más sostenibles y eficaces es crucial para garantizar la productividad agrícola y la seguridad alimentaria. Una alternativa prometedora es la asociación de cultivos, una práctica ancestral que involucra la combinación de dos o más especies que permiten maximizar los beneficios económicos, sociales y ambientales, en comparación con el monocultivo (Bybee & Ryan, 2018; Tamayo & Alegre, 2022).

La búsqueda de soluciones más sostenibles y eficaces es crucial para garantizar la productividad agrícola y la seguridad alimentaria. Una alternativa prometedora es la asociación de cultivos, una práctica ancestral que involucra la combinación de dos o más especies que permiten maximizar los beneficios económicos, sociales y ambientales, en comparación con el monocultivo (Bybee & Ryan, 2018; Dikr, 2022).

La asociación de cultivos, además de mejorar la resiliencia del agroecosistema frente a condiciones adversas, incrementa los servicios ecosistémicos como el control biológico, la regulación hídrica y la conservación de la biodiversidad (Dikr, 2022; Megersa & Banjaw, 2024; Yin et al., 2020). Aunque no siempre se traduce en mayores rendimientos, su impacto en el equilibrio ecológico del agroecosistema es significativo. Por consiguiente, a mayor biodiversidad, mayor es el equilibrio biológico de la comunidad. Por el contrario, los monocultivos, alteran este equilibrio, reduciendo la presencia de enemigos naturales y favoreciendo el incremento de plagas (Lalkhumliana et al., 2025)

El cultivo de especies aromáticas complementarias juega un papel decisivo en el manejo del hábitat. Estas plantas no solo proveen polen, néctar, refugio e incluso presas, recursos esenciales para el desarrollo, establecimiento y protección de la fauna benéfica, sino que también actúan como barreras físicas o químicas contra las plagas agrícolas (Brito et al., 2021; Megersa et al., 2023; Megersa & Banjaw, 2024; Souza et al., 2019).

En particular, la albahaca se destaca como una planta repelente de plagas, lo que la convierte en una opción ideal para asociarla con el cultivo de pimiento. Diversos estudios han reportado que la inclusión de albahaca en la producción de pimiento es una herramienta agroecológica de alto impacto. Brito et al. (2021) evidenciaron que las hileras alternas de *Ocimum basilicum* reducen drásticamente las poblaciones de trips y áfidos, elevando simultáneamente la proporción de frutos de primera categoría y el rendimiento comercial. Una revisión exhaustiva de Dekebo (2023) catalogó a *Frankliniella occidentalis, Prodiplosis longifila* y *Spodoptera spp*. como plagas críticas del pimiento dulce y resaltó que los arreglos con plantas repelentes, entre ellas la albahaca, permiten disminuir la presión entomológica y la dependencia de insecticidas sintéticos.

Los aportes más recientes profundizan en los mecanismos fisiológicos y económicos de este policultivo. Moekasan (2018) reportó reducciones cercanas al 50% en poblaciones de trips y pulgones, así como una mayor uniformidad de calibre cuando la albahaca actuó como barrera funcional y refugio de enemigos naturales. Sandhu et al. (2021) comprobaron que entre ambas plantas maximiza el área foliar e interceptación lumínica; dichos beneficios se potenciaron al incluir albahaca por sus efectos alelopáticos y repelentes. En sistemas mixtos de ají, Arsi et al. (2023) hallaron que *Ocimum sanctum* disminuye la severidad de virosis, lo que se traduce en mayor supervivencia vegetal y rendimiento comercial. Bajo condiciones de secano, Banjaw et al. (2024) mostraron que la asociación de pimiento y albahaca mitigan el estrés hídrico y mejora la eficiencia en el uso del nitrógeno, incrementando rendimiento y rentabilidad en 28% y 22%, respectivamente. Finalmente, la revisión de (Gunaeni et al., 2024) ratificó que la albahaca es uno de los cultivos

acompañantes más eficaces para suprimir *F. occidentalis, Bemisia tabaci* y pulgones, gracias a compuestos volátiles repelentes y a la provisión de recursos florales para depredadores como *Orius laevigatus*. En conjunto, estas evidencias consolidan la asociación pimiento-albahaca como práctica sostenible para mejorar productividad, calidad y sanidad del cultivo.

Si bien existen investigaciones que reportan beneficios agronómicos y fitosanitarios al asociar pimiento, estas se han centrado en un número limitado de arreglos de siembra y bajo condiciones distintas a las de nuestro país. Pese a la reconocida importancia de la asociación de cultivos como estrategia agroecológica, en el Perú no se han desarrollado estudios específicos que evalúen su efecto en el cultivo de pimiento (*Capsicum annuum L.*). Esta falta de evidencia local representa una brecha en el conocimiento técnico-científico, especialmente considerando el potencial que tiene esta práctica para mejorar el rendimiento, la calidad del cultivo y reducir el uso de insumos químicos.

Por tanto, el presente estudio tiene como objetivo evaluar el rendimiento, la calidad de los frutos y la incidencia de plagas clave en diferentes arreglos de siembra de la asociación pimiento-albahaca en sistema de producción orgánico.

2. Metodología

El presente estudio se realizó en el Programa de Investigación Social (PIPS) en Hortalizas de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Molina, provincia de Lima, región de Lima, Perú. Localizado a una altitud de 247 msnm, a una Latitud S 12° 4' 55'' y Longitud W 76° 56' 21''. El ensayo se inició en el mes de noviembre del 2023 y finalizó en abril 2024. Las condiciones climáticas en el periodo mencionado alcanzaron en promedio una temperatura máxima de 28,56 °C, temperatura mínima 19,25 °C y temperatura promedio de 21,98 °C. La humedad relativa máxima fue 85,27% y la mínima fue de 74,23%.

El suelo presenta una textura franco arenoso, con reacción ligeramente alcalina, conductividad eléctrica ligeramente salina y una capacidad de intercambio catiónico (CIC) ligeramente baja. El porcentaje de sodio intercambiable (PSI) mínimo. El contenido de carbonatos es medio, con materia orgánica baja, característico de un suelo costeño. Los niveles de fosforo y potasio fueron altos. Además, el suelo presenta un adecuado drenaje y permeabilidad que permite controlar el flujo y retención de agua suficiente para el cultivo. El agua de riego utilizada presentó bajo contenido de sales (0,55 dS/m) y un pH neutro (7,14), valores propicios para las plantas de pimiento y albahaca.

Se empleó el diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con cuatro repeticiones. La unidad experimental tuvo una superficie de 56 m^2 (Figura 1), con un área neta experimenta de 896 m^2 y el área total fue 1658 m^2.

Cada unidad experimental estuvo conformada por 14 hileras de 4 m de longitud cada una (Figura 2). Los tratamientos fueron, T1: Monocultivo, 14 hileras de pimiento (14 HP), en cada hilera se colocaron 10 plantas haciendo un total de 140 plantas; T2: Una hilera de pimento (HP) y una hilera de albahaca (HA), resultando siete hileras de pimiento (7 HP) y siete hileras de albahaca (7 HA), haciendo un total de 70 plantas de pimiento y 70 plantas albahaca; T3: seis hileras de pimiento y ocho hileras de albahaca haciendo un total de 60 plantas de pimiento y 80 plantas de albahaca y T4: 5 hileras de pimiento y 9 hileras de albahaca, haciendo un total de 50 plantas de pimiento y 90 plantas de albahaca.

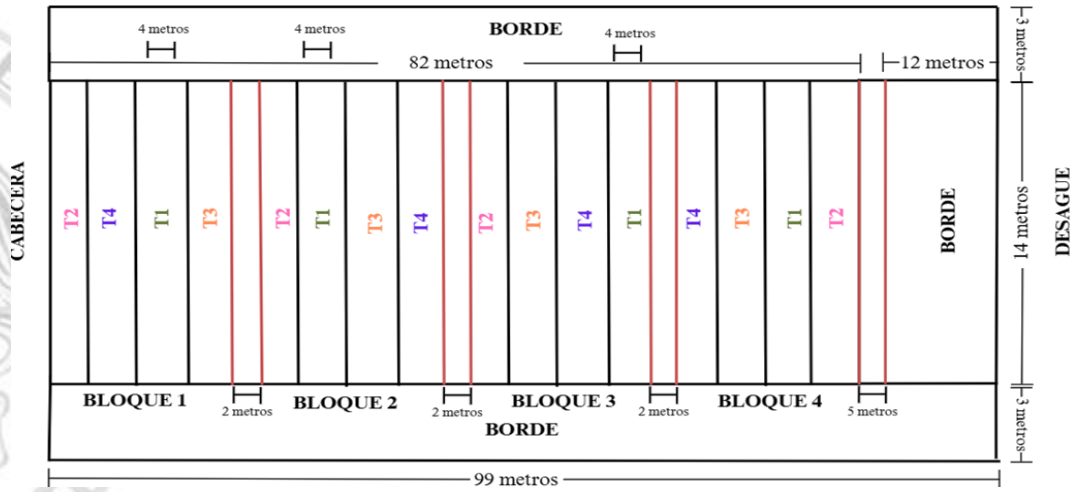

Figura 1. Disposición espacial de los tratamientos en la parcela experimental.

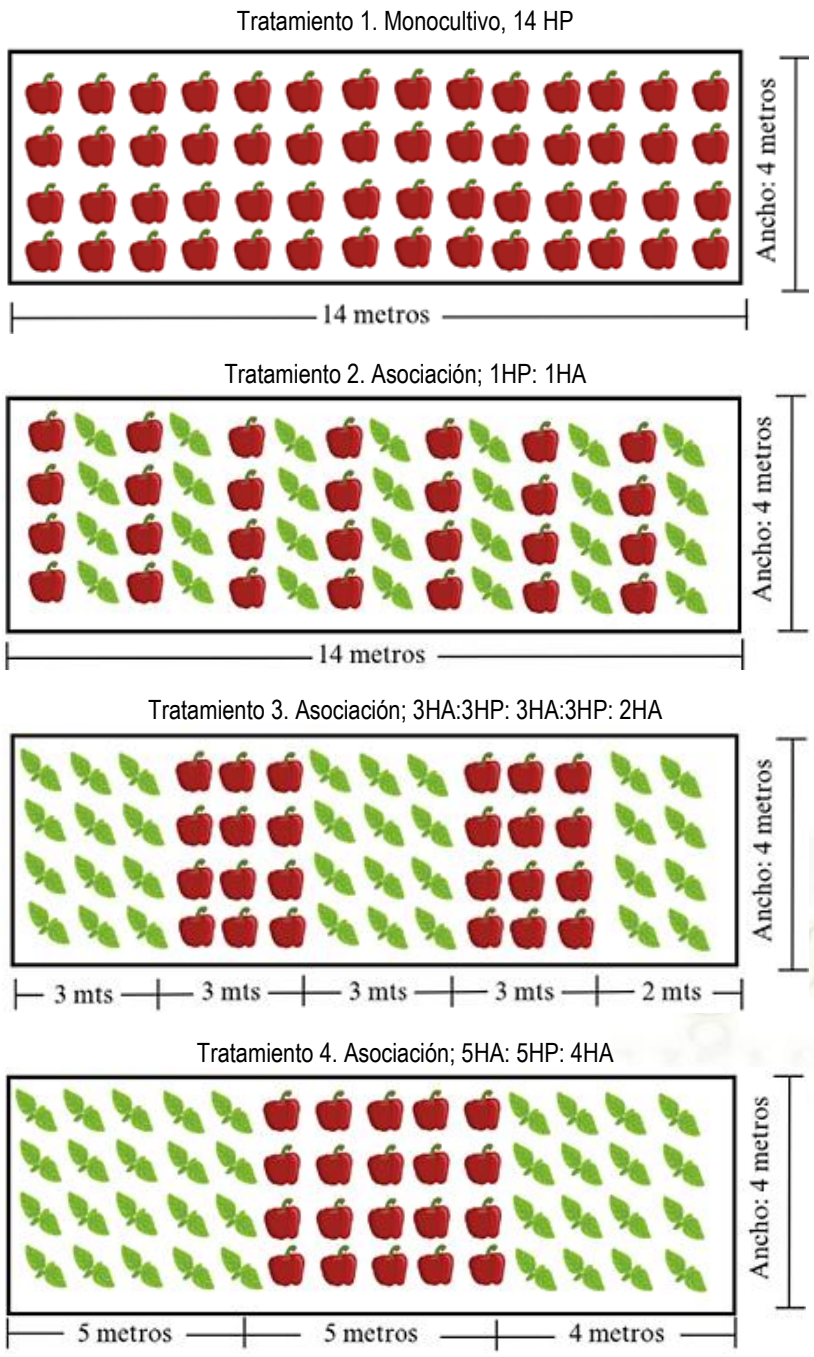

Figura 2. Tratamientos que se utilizaron en el ensayo del cultivo de pimiento en asociación con albahaca.

En la preparación del terreno se incorporó 20 t/ha/año de guano de vacuno, se realizó el riego de machaco de 6 horas, luego se realizó el arado del suelo, seguido de dos pases cruzados de rastras de d, posteriormente se realizó el surcado a un metro entre surcos, permitiendo realizar la fertilización de fondo con 1 t/ha de guano de islas, luego se realizó el surcado final para tapar el fertilizante, sobre los surcos se instalaron las cintas de riego. El riego fue por goteo con un caudal de manguera de 1 l/h y un distanciamiento entre los goteros de 0,1 m. El trasplante se realizó a un distanciamiento de 0,4 m entre plantas en ambos cultivos, utilizando el híbrido Cardinal (pimiento) y la variedad Italian large leaf (albahaca). Se eligió la albahaca, porque no es hospedante de los principales virus que afectan al cultivo de pimiento Sevirasari et al. (2022). Se trasplantó el pimiento con cuatro hojas verdaderas y la albahaca con seis hojas verdaderas (Brito et al., 2021; Da Silva et al., 2021) Durante los primeros 15 días, diariamente se regó con 6,5 mm de lámina diaria con el objetivo de favorecer el prendimiento y evitar las pudriciones radiculares

(Chala & Chala, 2022; Hendges et al., 2019; Rosulu et al., 2022). Posterior a ello, el riego aumento al doble, es decir, 13 mm de lámina diaria de riego, desde los 30 después de trasplante (DDT) hasta una semana antes de la primera cosecha (55 DDT), esto debido a la necesidad de la planta para formar los frutos esperados sin inconvenientes. El consumo total de agua en el pimiento fue de 7750 m3/ha durante 15 semanas (Arsi et al., 2023; Dekebo, 2023; Hendges et al., 2019).

Se realizaron cinco aplicaciones de fertilizaciones orgánicos vía drench, utilizando biol (1,25%) y microorganismos eficientes (EM al 5%), la aplicación empezó a los 10 DDT con una frecuencia de 10 días entre aplicaciones (Dikr, 2022; Sevirasari et al., 2022; Souza et al., 2019; Velásquez, 2016). La segunda y tercera fertilización orgánica al suelo se realizó con compost y humus de lombriz a los 15 y 30 DDT, respectivamente con una dosis de 5 t/ha para ambos.

Durante el ciclo del cultivo se realizaron dos cambios de surco y un aporque mecanizado. El aclareo de los frutos se realizó aproximadamente a los 30 DDT en el pimiento, la actividad consistió en retirar el primer órgano ubicado en la primera bifurcación del cultivo. De acuerdo con Hernández (2023) se recomienda hacer esta actividad antes que el 30% de las plantas alcance fruta en su primer órgano, en el caso de esta investigación, se extrajo con un promedio de botón (45%), cuaja (30%) y fruta (25%).

El control fitosanitario se realizó considerando la fenología del cultivo y la presencia de plagas: crecimiento vegetativo, floración, fructificación y maduración, se planificaron aplicaciones prevéntivas para manejar las plagas y enfermedades (Goñy & Casas, 2021; Gunaeni et al., 2024; Hernández, 2023; Megersa, 2018; Megersa & Banjaw, 2024)

En el crecimiento vegetativo y floración, las plagas más frecuentes fueron *Agrotis sp., Chloridea virescens* y *Spodoptera spp*., el control se realizó se realizó mediante aplicaciones de *Bacillus thuringiensis* var. Kurstaki y del Virus de la poliedrosis nuclear (NPV), en larvas de los primeros estadios. Asimismo, para el control de *Prodiplosis longifila*, se hicieron aplicaciones de azufre en polvo en los brotes principales, así como aplicaciones foliares de aceite de ajo con ají, desde los 7 DDT hasta los 35 DDT semanalmente. En la etapa de fructificación, se observó *Tetranychus urticae*, para lo cual se realizaron aplicaciones de Azadiractina y Cinamaldehído. Finalmente, en la etapa de maduración se presentó *Alternaria alternata* que fue controlado con *Bacillus subtilis* AP-01 y Sulfato de cobre pentahidratado. Para el control de las malezas, se realizaron cuatro deshierbos manuales, a los 7 DDT, 22 DDT, 37 DDT y 52 DDT.

La cosecha de pimiento se realizó manualmente, se inició a los 62 DDT, donde alcanzó la madurez comercial, los pimientos se cosecharon en su etapa verde antes de que alcancen su madurez fisiológica, en ese momento los frutos han alcanzado su tamaño y forma óptima. Las tres cosechas se realizaron en la mañana, para evitar el estrés térmico y preservar la calidad de los frutos (Hernández, 2023; INACAL, 2022; Karo et al., 2019; Moekasan, 2018; Sandhu et al., 2021).

En el caso de la albahaca, se cosecharon en dos oportunidades, a los 42 DDT y 82 DDT, ambas cosechas se realizaron cuando las hojas estaban completamente desarrolladas. Las cosechas se hicieron con una tijera de podar, para no dañar la estructura de la planta y permitir que sigan creciendo (Andrade et al., 2020; Arsi et al., 2023; Banjaw et al., 2024; Chala & Chala, 2022; Mamo, 2021; Megersa, 2018; Megersa et al., 2023; Megersa & Banjaw, 2024).

Se evaluaron los parámetros de calidad y producción en 20 plantas de pimiento tomados al azar en cada unidad experimental, evaluándose en total 320 plantas de pimiento, cuyo rango de frutos vario de 2 a 11 frutos por planta en la primera cosecha y en la segunda cosecha de 2 a 15 frutos.

En las variables de calidad, se evaluaron la longitud del fruto (cm), el diámetro del fruto (cm) y el peso del fruto (g). En el caso de las variables de producción, se evaluaron el número de frutos por planta, el rendimiento total (kg/m^2) y rendimiento comercial (kg/m^2).

Evaluación de categorías

Los requisitos de calidad fueron establecidos según la Norma Técnica Peruana NTP 012.803:2022 para el pimiento fresco (*Capsicum annuum* L.) destinado al consumo fresco. Esta norma clasifica los pimientos en tres categorías: Primera Calidad, Segunda Calidad y Descarte, basándose en características físicas y sensoriales (INACAL, 2022)

Primera, el color debe ser uniforme, característico de la variedad y su grado de madurez, sin deformaciones; debe estar firme al tacto, limpia, lisa y sin defectos visibles, y libre de daños por plagas, enfermedades o heridas mecánicas.

Segunda, el color puede presentar ligeras variaciones o manchas leves, con una forma levemente deformada pero reconocible. Con una textura, menos firme que la primera categoría, pero aún aceptable; la superficie puede tener pequeñas imperfecciones o marcas superficiales, siempre que no afecten significativamente la calidad.

Descarte, el color es desuniforme, con manchas extensas o decoloraciones. La forma tiene deformaciones severas que afectan la presentación. Su textura blanda y con signos de deterioro con y/o presencia de daños visibles, heridas, pudrición o infestación por plagas. Finalmente, no apto para el consumo debido a daños significativos o contaminación (INACAL, 2022).

Evaluación de plagas

Población de *Frankliniella occidentalis*, se realizó en dos etapas:

En la etapa vegetativa se contó el número de individuos por planta semanalmente. Se tomó tres plantas al azar por unidad experimental desde los 7 DDT hasta los 41 DDT. Para la evaluación se sacudió la planta sobre una hoja blanca, de modo que los individuos cayeran sobre ella. Durante la etapa de floración, se evaluaron tres plantas al azar por unidad experimental, tomándose tres flores por planta. Se evaluó desde los 41 DDT hasta el primer día de la cosecha. Se tomó el valor promedio de las poblaciones de *Frankliniella occidentalis* de cada unidad experimental.

Población de *Prodiplosis longifila*, para evaluar la población de este insecto, se utilizó una trampa de caída aérea, con agua y detergente, la concentración de la solución fue de 10%, se empleó un envase de 1,5 l ubicado al centro de cada unidad experimental. Las trampas se reemplazaron semanalmente. Las evaluaciones se realizaron cada semana, registrándose el número de individuos de *Prodiplosis longifila* en cada unidad experimental.

Población de *Spodoptera* spp., para la evaluación se utilizó una trampa de melaza, de 10 l de capacidad. Esta trampa tuvo una proporción de 1:2 (melaza: agua), fue colocada en el centro de cada unidad experimental. Se contó solo los individuos de la especie *Spodoptera* spp.

Para el análisis estadístico se utilizó ANOVA, en caso de encontrar diferencias entre las medias su significancia fue analizada por la prueba Tukey ($p < 0,05\%$) con el programa R (Bunning, 2022; Song et al., 2010; Stomph et al., 2020; Yin et al., 2020).

3. Resultados y discusión

Longitud y diámetro del fruto

En la Tabla 1 se presentan los promedios de longitud, diámetro y peso de los frutos de pimiento en función de los distintos arreglos de siembra con albahaca. Se encontraron diferencias estadísticas significativas en el diámetro del fruto, destacando el tratamiento T2 (7,81 cm) en comparación con los demás tratamientos. En cuanto a la longitud del fruto, los tratamientos T1 y T2 (6,98 cm) mostraron valores superiores frente a T3 (6,94 cm) y T4 (6,88 cm). Es importante resaltar que los frutos del tratamiento T2 tienden a presentar un mayor diámetro y longitud de fruto, porque la asociación presenta menor número de plantas de albahaca, en comparación con los otros tratamientos. Megersa (2018) reportó resultados similares, encontrando diferencias significativas en la longitud del fruto (10,57 cm) y un mayor diámetro (1,08 cm) al sembrar 40 plantas de pimiento picante variedad Melka shote intercalados con 20 plantas de albahaca por tratamiento. En contraste, cuando se sembraron 40 plantas de pimiento picante con 48 de albahaca, la longitud y el diámetro del fruto disminuyeron a 9,25 cm y 1,04 cm, respectivamente. En el caso del pimiento picante variedad Mareko Fana Megersa et al. (2023) no encontraron diferencias significativas en la longitud y el diámetro del fruto al asociarlo con albahaca; sin embargo, observaron una tendencia de mayor dimensión del fruto cuando se utiliza un menor número de plantas de albahaca por tratamiento. Esto sugiere que una menor densidad de albahaca reduce la competencia por recursos como luz, agua y nutrientes, permitiendo que el pimiento destine más recursos al desarrollo de los frutos, favoreciendo la relación fuente-sumidero. Por lo tanto, los frutos actúan como los principales sumideros, absorbiendo una mayor proporción de recursos en comparación con las estructuras vegetativas de la planta (Chen et al., 2014; Gunaeni et al., 2024; Li et al., 2021).

En cuanto al peso promedio del fruto, se observaron diferencias significativas entre los tratamientos, destacando T2 y T3 con valores más altos, mientras que T1 (monocultivo) presentó un menor peso promedio similar al T4; este último al presentar una mayor densidad de plantas de albahaca, mostró una reducción en este parámetro. Estos resultados sugieren que una mayor competencia interespecífica podría limitar el desarrollo del fruto.

Tabla 1
Variables de longitud de fruto (LF), diámetro de fruto (DF), peso promedio de fruto (PPF) del pimiento afectados por diferentes arreglos de la asociación con albahaca

Tratamiento	LF (cm)	DF (cm)	PPF (g)
T1	6,98 a	7,73 b	141,09b
T2	6,98 a	7,81 a	143,56a
T3	6,94 ab	7,69 b	143,00a
T4	6,88 b	7,61 c	136,31 c
C.V. (%)	7,24	4,81	10,92

Letras diferentes refieren que existe diferencia estadística significativa entre tratamientos (Tukey: $p < 0,05$).

En la Tabla 2 se observa que las variables número de frutos por planta, peso total de frutos por planta y rendimiento total presentan diferencias significativas entre los tratamientos, destacando T3, que alcanzó el mayor número de frutos por planta, el mayor peso total por planta y el mayor rendimiento total. En el rendimiento comercial, no se encontraron diferencias significativas entre T3 y T2; a diferencia T1 (monocultivo) presentó menor valor en todas las variables evaluadas. Los resultados reflejan una vez más, que la asociación con albahaca a menor densidad favorece mayor peso por fruto, lo que resultó un incremento del 18,78% del rendimiento comercial, con respecto al T1.

Tabla 2
Variables de número de frutos por planta (NFP), peso total (g) de los frutos por planta (PTFP), rendimiento total (kg) por m^2 (RT) y rendimiento comercial (kg) por m^2 (RC)

Trata-miento	NFP	PTFP	RT	RC
T1	9,55 c	1368,82 c	3,27 c	2,81 b
T2	11,02 b	1598,66 b	3,67 b	3,45 a
T3	12,07 a	1731,80 a	3,82 a	3,47 a
T4	10,65 b	1468,18 c	2,63 d	2,37 c
C.V. (%)	37,94	31,89	7,54	4,9

Letras diferentes refieren que existe diferencia estadística significativa entre tratamientos (Tukey: $p < 0,05$).

Resultados similares fueron reportados por Moekasan (2018) quien obtuvo mejores rendimientos comerciales (61,89% más) en la producción de pimiento asociado con albahaca en comparación con el pimiento en monocultivo. Diferentes autores sostienen que las asociaciones de cultivos tienden a disminuir los rendimientos absolutos por unidad de superficie debido a la menor densidad de plantas en el campo. Sin embargo, cuando los rendimientos se analizan en términos relativos (por metro cuadrado o en pequeñas parcelas) se evidencian los beneficios del cultivo asociado en comparación con el monocultivo (Dikr, 2022; Letourneau et al., 2011; Megersa & Banjaw, 2024; Yin et al., 2020).

En la Tabla 3 se presentan los porcentajes de frutos clasificados en primera calidad, segunda calidad y descarte en las dos cosechas evaluadas. Se encontró diferencias significativas entre T2 y los otros tratamientos, sobresaliendo el T2 con frutos de primera categoría en las dos cosechas, mientras que el T1 (monocultivo) registró la menor proporción de frutos de primera categoría y mayor cantidad de frutos de descarte. Estos resultados concuerdan con los resultados de Moekasan (2018) quien reporta mejor calidad de frutos de pimiento cuando es asociado con albahaca frente al monocultivo. Asimismo, diversos estudios sobre Solanáceas coinciden en que esta interacción no solo mejora el rendimiento y la calidad del producto cosechado, sino que también reduce la presión de plagas y, por ende, la necesidad de pesticidas, fomentando sistemas agrícolas más sostenibles (Brooker et al., 2015; Franco et al., 2018; Gelaye, 2025; Maitra et al., 2021; Mamo, 2021; Sandhu et al., 2021).

Evaluación de plaga

En los resultados del análisis de varianza se observa que para el caso de *Spodoptera spp*., no hubo diferencias significativas entre los tratamientos T2, T3 y T4. Sin embargo, todos los arreglos de siembra asociados con la albahaca presentaron una reducción promedio del 29% en la población de *Spodoptera spp*. (T2= 1,66; T3= 1,72 y T4= 1,73 individuos) en comparación con el monocultivo quien resultó con mayor número de individuos (2,41).

Tabla 3
Porcentaje de calidad de la fruta: 1° Calidad (1CL), 2° Calidad (2CL) y descarte (DES) de los frutos de pimiento en dos cosechas en cuatro tipos de asociación de pimiento cv. Cardinal F1

Tratamiento	1° Cosecha			2° Cosecha		
	1CL (%)	2CL (%)	DES (%)	1CL (%)	2CL (%)	DES (%)
T1	67,90 c	18,07 a	14,03 a	45,18 c	39,93 a	14,89 a
T2	80,93 a	13,17 c	5,90 d	63,91 a	28,23 b	7,86 b
T3	74,48 b	16,56 b	8,96 c	57,77 b	29,08 b	13,15 a
T4	72,45 b	16,97 b	10,58 b	66,34 a	21,31 c	12,35 a
Promedio	73,94	16,19	9,87	58,30	29,64	12,06
C.V. (%)	24,89	17,63	21,26	17,71	15,53	16,62

Este resultado concuerda con lo reportado por diversos estudios, los cuales señalan que la albahaca en asociación con algunos cultivos puede reducir la incidencia de plagas entre el 30 y un 50% menos respecto al monocultivo (Da Silva et al., 2021; Gunaeni et al., 2024; Hendges et al., 2019; Moekasan, 2018)

Los arreglos de siembra pimiento y albahaca muestran menor población de *Frankliniella occidentalis,* cuyos valores fluctuaron entre 0,73 a 0,84 individuos, mientras que en el monocultivo fue 1,39 individuos. Con respecto a *Prodiplosis longifila* los valores observados fluctuaron entre 1,28 y 1,75 individuos en comparación con el monocultivo (2,37 individuos), reafirmando la contribución de la diversidad de cultivos en mantener el equilibrio de la comunidad, favoreciendo a los enemigos naturales en desmedro de la población de plagas, tal como señalan (Altieri & Letourneau, 1982; Basri et al., 2015; Stomph et al., 2020; Tonhasca & Byrne, 1994; Van Emden & Dabrowski, 1994). En dicha asociación, la albahaca es el hospedero predilecto de *Orius laevigatus*, predador eficiente de *Frankliniella occidental* (Cano et al., 2012; Gunaeni et al., 2024; Lemos, 2014; Rosulu et al., 2022) lo que explica las bajas poblaciones de F. occidentalis en todos los arreglos, además Navarro et al. (2004) señalan que *O. laevigatus*, preda ácaros, moscas blancas, pulgones, huevos y larvas de primer estadio de lepidópteros. Así mismo, la albahaca produce aceites esenciales como el Linalol (Eugenol) que le confiere acción repelente contra algunas plagas (Bybee & Ryan, 2018; Schader et al., 2005).

4. Conclusiones

La asociación de pimiento (*Capsicum annuum* L.) y albahaca (*Ocimum basilicum* L.) bajo un sistema de manejo orgánico demostró ser una estrategia agronómica eficaz para mejorar el rendimiento, la calidad del fruto y el manejo fitosanitario del cultivo entre los tratamientos evaluados, el T3 (seis hileras de pimiento y ocho hileras de albahaca haciendo un total de 60 plantas de pimiento y 80 plantas de albahaca) obtuvo el mayor rendimiento total (3,82 kg/m^2) y comercial (3,47 kg/^{m2}). Sin embargo, el T2 (siete hileras de pimiento y siete hileras de albahaca haciendo un total de 70 plantas de pimiento y 70 plantas de albahaca) destacó en la calidad de fruto, con un 80,93% y 63,91% de frutos de primera categoría en la primera y segunda cosecha, respectivamente.

Desde el punto de vista fitosanitario, los sistemas de asociación con albahaca redujeron significativamente las poblaciones de plagas. La presencia de *Spodoptera* spp., mostró menor población, siendo el promedio 1,7 individuos/trampa de melaza en los arreglos de siembra asociados con albahaca, mientras en el monocultivo se observó 2,41 individuos. La misma tendencia ocurrió con Frankliniella occidentalis (0,73 individuos promedio/planta, en tanto el monocultivo presentó 1,39 individuos) y *Prodiplosis longifila* (1,53 individuos/trampa, en comparación al monocultivo que presentó 2,37 individuos promedio/planta). Estos resultados sugieren que la diversidad vegetal y las interacciones ecológicas promovidas por la albahaca contribuyen a regular naturalmente las poblaciones de insectos plaga.

En conjunto, los arreglos de siembra de pimiento y albahaca permiten optimizar la productividad y sostenibilidad del sistema, siendo una alternativa viable para productores que buscan reducir el uso de insumos químicos en el marco de la agricultura orgánica. Se recomienda realizar estudios que exploren diferentes densidades de siembra de albahaca en asociación con pimiento. Así como incorporar evaluaciones económicas y análisis de costo-beneficio que complementen los datos agronómicos, con el fin de orientar las decisiones de manejo más eficiente y sostenible.

Tabla 4

Fluctuación de la población promedio de *Frankliniella occidentalis*, *Spodoptera* spp. y *Prodiplosis longifila* en los tratamientos

Tratamiento	*Frankliniella occidentalis* (individuo/planta)	*Spodoptera spp.* (individuo/trampa de melaza)	*Prodiplosis longifila* (individuo/trampa de agua)
T1	1,39 a	2,41 a	2,37 a
T2	0,73 c	1,66 b	1,75 b
T3	0,84 b	1,72 b	1,28 c
T4	0,76 c	1,75 b	1,56 b
Promedio	1,17	1,88	1,74

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo financiero brindado por el Vicerrectorado de Investigación de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

Al Programa de Investigación Social (PIPS) en Hortalizas de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Molina por el apoyo en la fase experimental.

Referencias bibliográficas

Altieri, M., & Letourneau, D. (1982). Vegetation management and biological control in agroecosystems. *Crop Protection*, *1*(4), 405–430.

Andrade, N. J. P., Monteros-Altamirano, A., Bastidas, C. G. T., & Sørensen, M. (2020). Morphological, Sensorial and Chemical Characterization of Chilli Peppers (*Capsicum* spp.) from the CATIE Genebank. *Agronomy, 10*(11), 1732. https://doi.org/10.3390/AGRONOMY10111732

Arsi, A., Shk, S., Hamidson, H., Pujiastuti, Y., Umayah, A., Gunawan, B., Pratama, R., & Irsan, C. (2023). Effects of holy basil (*Ocimum sanctum*) on viral disease of chili (Capsicum annum L.) under mixed crop cultivation. *Journal Tropical Plant Pests Disease*, *23*(2), 49–57. https://doi.org/10.23960/j.hptt.22349-57

Banjaw, D., Megersa, H., Lema, D., & Abewoy, D. (2024). Determination of appropriate sweet basil ratio for intercropping with dry hot pepper under rainfed conditions in Hawassa and Halaba, Southern Ethiopia. *International Journal of Scientific Research and Engineering Development*, *5*(1), 1138–1145.

Basri, H., Mudjiono, G., Retno, D., & Puspitarini, D. (2015). The effect of intercropping basil and organic red chili on the population and intensity of fruit fly attacks (Diptera: Tephritidae). *Jurnal Hortikultura*, *3*(2), 117–126.

Brito, E. A. S., Togni, P. H. B., & Venzon, M. (2021). Aromatic plants and chili pepper intercropping as a pest management strategy. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, *16*(4), 345–350. https://doi.org/10.18378/rvads.v16i4.8439

Brooker, R. W., Bennett, A. E., Cong, W. F., Daniell, T. J., George, T. S., Hallett, P. D., Hawes, C., Iannetta, P. P. M., Jones, H. G., Karley, A. J., Li, L., Mckenzie, B. M., Pakeman, R. J., Paterson, E., Schöb, C., Shen, J., Squire, G., Watson, C. A., Zhang, C., … White, P. J. (2015). Improving intercropping: A synthesis of research in agronomy, plant physiology and ecology. *New Phytologist*, *206*(1), 107–117. https://doi.org/10.1111/NPH.13132

Bunning, J. (2022). *Bell Pepper*. Food Source Information.

Bybee, A., & Ryan, M. (2018). Advancing intercropping research and practices in industrialized agricultural landscapes. *Agriculture*, *8*(80). https://doi.org/10.3390/agriculture8060080

Cano, M., Vila, E., Salvador, E., Lara, L., & Téllez, M. (2012). Utilización de *Mentha suaveolens* Ehrh y *Ocimum basilicum* Linnaeus como plantas refugio para adelantar la instalación de *Orius laevigatus* Fieber (Hemiptera: Anthocoridae) en cultivo de pimiento. *Bol. San. Veg. Plagas*, *38*, 311–319.

Chala, M., & Chala, C. (2022). Productivity of Intercropping with Tomato and Basil under Different Planting Densities at Wondo Genet, Ethiopia. *Advances in Life Science and Technology*, *91*, 19–23. https://doi.org/10.7176/alst/91-03

Chen, X., Song, B., Yao, Y., Wu, H., Hu, J., & Zhao, L. (2014). Aromatic plants play an important role in promoting soil biological activity related to nitrogen cycling in an orchard ecosystem. *Science of the Total Environment*, *472*(1), 939–946. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.11.117

Da Silva, E., Brum, P., & Venzon, M. (2021). Aromatic plants and chili pepper intercropping as a pest management strategy. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, *16*(4), 345–350. https://doi.org/10.18378/rvads.v16i4.8439

Dekebo, A. (2023). Major Pests and Pest Management Strategies in the Sweet Pepper (Capsicum annuum). In *Capsicum - Current Trends and Perspectives* (p. 1). IntechOpen. https://doi.org/10.5772/intechopen.106386

Dikr, W. (2022). Role of Intercropping Some Aromaticand Medicinal Plants with Fruit Vegetables Crops, a Review. *World Applied Sciences Journal*, *40*(1), 7–16. https://doi.org/10.5829/idosi.wasj.2022.07.16

Franco, J. G., King, S. R., & Volder, A. (2018). Component crop physiology and water use efficiency in response to intercropping. *European Journal of Agronomy*, *93*, 27–39. https://doi.org/10.1016/j.eja.2017.11.005

Gelaye, Y. (2025). Intercropping of Pepper (*Capsicum annuum* L.) and Black Cumin (Nigella sativa L.) Optimize Crop Performance and System Productivity in Ethiopia: Systematic. *Cogent Food & Agriculture*, *11*(1), 1–11. https://doi.org/10.1080/23311932.2025.2451057

Goñy, L. A., & Casas, A. (2021). Extracción de macronutrientes en pimiento páprika cv. Papri King en Barranca, Perú. *Peruvian Agricultural Research*, *3*(1), 23–34. https://doi.org/10.51431/par.v3i1.662

Gunaeni, N., Setiawati, W., Muharam, A., Karjadi, A., Murtiningsih, R., Moekasan, T., Korlina, E., Hasyim, A., Saadah, I., Sulastrini, I., Diningsih, E., & Udiarto, K. (2024). Intercropping insect repellent plants (irps): a promising strategy for sustainable pest management. *Agronomy Research*, *22*(Special Issue 3), 1434–1445. https://doi.org/10.15159/AR.24.093

Hendges, A., Guimarães, M., Dovale, J., & Neto, B. (2019). Agronomic performance and biological efficiency of kale intercropped with spice species. *Revista Caatinga*, *32*(1), 7–15. https://doi.org/10.1590/1983-21252019v32n102rc

Hernández, J. (2023). D*ensidades de siembra en pimiento cv. aristotle (Capsicum annuum L.) en la zona de Cayalti"*. Universidad Nacional Agraria La Molina.

INACAL. (2022). Pimiento. Materia prima. Requisitos. 1ª Edición. *MIDAGRI*.

Karo, B., Marpaung, A., & Musaddad, D. (2019). Technical assessment of hot pepper intercropping System with potato, shallot, and beans. *Jurnal Hortikultura*, *28*(2), 219–228. https://doi.org/10.21082/jhort.v28n2.2018.p219-228

Khanal, U., Stott, K. J., Armstrong, R., Nuttall, J. G., Henry, F., Christy, B. P., Mitchell, M., Riffkin, P. A., Wallace, A. J., McCaskill, M., Thayalakumaran, T., & O'leary, G. J. (2021). Intercropping—evaluating the advantages to broadacre systems. *Agriculture (Switzerland)*, *11*(5). https://doi.org/10.3390/AGRICULTURE11050453

Lalkhumliana, F., Kaushal, R., Ananthakrishnan, S., Shankar, V., & Vanlalhruaii, R. (2025). Soil Health and Capsicum Annuum L. Yield Enhancement Through Rhizobacteria and Humic Acid Integration. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, *3*(1), 1–8. https://doi.org/10.1080/00103624.2025.2466597

Lemos, I. (2014). *Controle biológico de pragas do pimentão (Capsicum annuum L.) orgânico em cultivo protegido associado a manjericão (Ocimum basilicum L.)*. Universidade Federal de Lavras.

Letourneau, D., Armbrecht, I., Rivera, B., Lerma, J., Jimé, E., Carmona, N., Daza, M., Escobar, S., Galindo, V., Guiterrez, C., Duque, S., López, J., Acosta, A., Herrera, J., Rivera, L., Saavedra, C., Torres, A., & Trujillo, A. (2011). Does plant diversity benefit agroecosystems? A synthetic review. *Ecological Applications*, *21*(1), 9–21. https://doi.org/https://doi.org/10.1890/09-2026.1

Li, L., Liu, Y. X., & Li, X. F. (2021). Intercropping to Maximize Root–Root Interactions in Agricultural Plants: Agronomic Aspects. *The Root Systems in Sustainable Agricultural Intensification*, 309–328. https://doi.org/10.1002/9781119525417.CH12

Maitra, S., Hossain, A., Brestic, M., Skalicky, M., Ondrisik, P., Gitari, H., Brahmachari, K., Shankar, T., Bhadra, P., Palai, J. B., Jena, J., Bhattacharya, U., Duvvada, S. K., Lalichetti, S., & Sairam, M. (2021). Intercropping—A low input agricultural strategy for food and environmental security. *Agronomy*, *11*(2), 343. https://doi.org/10.3390/agronomy11020343

Mamo, M. (2021). Response of Basil (*Ocimum basilicum*) Growth and Yield to Planting Densities and Row Arrangements in Tomato-Basil Intercropping System. *Agrotechnology Research Journal*, *5*(2), 117–124. https://doi.org/10.20961/agrotechresj.v5i2.54333

Megersa, H. (2018). *Determination of Optimum Planting Density of Basil (Ocimum basilicum L.) for Intercropping with Hot Green pepper (Capsicum annum L.) at Hawassa, Southern Ethiopia*. Jimma University.

Megersa, H., & Banjaw, D. (2024). Intercropping System: Enhancing Productivity and Sustainability in Hot Pepper (*Capsicum annum* L.) and Basil (*Ocimum basilicum* L.) Cultivation: A Review. *Global Academic Journal of Agriculture and Bio Science*, *6*(2), 40–47. https://doi.org/10.36348/gajab.2024.v06i02.001

Megersa, H., Garedew, W., & Lulie, B. (2023). Influence of Basil (*Ocimum basilicum* L.) Density on Yield and Economic Advantages for Intercropping with Green Hot Pepper (*Capsicum annum* L.) Varieties at Hawassa, Ethiopia. *Advances in Crop Science and Technology*, *12*(2), 664. https://doi.org/10.4172/2329-8863.1000664

Moekasan, T. (2018). Effect of Aromatic Plants on Thrips and Aphid Infestation in Intercropping System with Hot Pepper. *Jurnal Hortikultura*, *28*(1), 87–96.

Navarro, M., Acebedo, M., Rodríguez, M., Alcazar, M., & Belda, J. (2004). *Organismos para el control biologico de Plagas en cultivos de la provincia de Almería* (Caja Rural Intermediterránea, Ed.; 6to ed.). Escobar Impresores, S.L.

Pereira, M., Neto, F., Júnior, A., Linhares, P., Silva, M., & Lins, H. (2018). Agro-economic Feasibility of Intercropped Systems of Radish and Cowpea-Vegetable Manured with Roostertree Biomass. *Journal of Agricultural Science*, *10*(10), 206. https://doi.org/10.5539/jas.v10n10p206

Rosulu, H., Oni, M., Ofuya, T., & Abebayo, R. (2022). Bioefficacy of chilli pepper *Capsicum frutescens* (L.) and it's intercropping on the growth, yield and insect pest management of cowpea *Vigna unguiculata* (l.) walp in the rain forest area of Nigeria. *Journal of Global Agriculture and Ecology*, *13*, 7–18.

Sandhu, R. K., Boyd, N. S., Zotarelli, L., Agehara, S., & Peres, N. (2021). Effect of planting density on the yield and growth of intercropped tomatoes and peppers in Florida. *HortScience*, *56*(2), 286–290. https://doi.org/10.21273/HORTSCI15567-20

Schader, C., Zaller, J., & Köpke, U. (2005). Cotton-Basil Intercropping – Effects on Pest Infestation, Yield and Economical Parameters in a Biodynamically Managed Field in Fayoum, Egypt. *Biological Agriculture & Horticulture*, *23*, 59–72.

Sevirasari, N., Sulistyaningsih, E., Kurniasih, B., Suryanti, S., Wibowo, A., & Joko, T. (2022). Effects of relay intercropping model and application of biological agents on the growth and yield of hot pepper. *Ilmu Pertanian (Agricultural Science)*, *7*(1), 35. https://doi.org/10.22146/ipas.69078

Song, Z., Wu, Y., Kong, Y., Zhang, J., Du, L., Hu, H., & Yao, C. (2010). Effects of intercropping with aromatic plants on the diversity and structure of an arthropod community in a pear orchard. *BioControl*, *55*(6), 741–751. https://doi.org/10.1007/s10526-010-9301-2

Souza, I., Tomazella, V., Santos, A., Moraes, T., & Silveira, L. (2019). Parasitoids diversity in organic sweet pepper (*Capsicum annuum*) associated with basil (*Ocimum basilicum*) and marigold (*Tagetes erecta*). *Brazilian Journal of Biology*, *79*(4), 603–611. https://doi.org/10.1590/1519-6984.185417

Stomph, T., Dordas, C., Baranger, A., de Rijk, J., Dong, B., Evers, J., Gu, C., Li, L., Simon, J., Jensen, E. S., Wang, Q., Wang, Y., Wang, Z., Xu, H., Zhang, C., Zhang, L., Zhang, W. P., Bedoussac, L., & van der Werf, W. (2020). Designing intercrops for high yield, yield stability and efficient use of resources: Are there principles? *Advances in Agronomy,* 160(1), 1–50. https://doi.org/10.1016/bs.agron.2019.10.002

Tamayo, C., & Alegre, J. (2022). Crop association, alternative for sustainable agriculture development. *Siembra*, *9*(1), 1. https://doi.org/10.29166/siembra.v9i1.3287

Tonhasca, A., & Byrne, D. (1994). The effects of crop diversification on herbivorous insects: a meta-analysis approach. *Ecological Entomology*, *19*, 239–244.

Van Emden, H., & Dabrowski, Z. (1994). Biodiversity and habitat modification in pest management. *Insect Science Application*, *15*(6), 605–620. https://doi.org/10.1017/S174275840001691X

Velásquez, M. (2016). *Experimentación con fertilizantes foliares provenientes del reciclaje de resíduos orgánicos en ají amarillo (Capsicum baccatum L.var pendulum) aplicando herramientas participativas"*. Universidad Nacional Agraria La Molina.

Weih, M., Mínguez, I., & Tavoletti, S. (2022). Intercropping Systems for Sustainable Agriculture. *Agriculture*, *12*(2), 291–294. https://doi.org/10.3390/AGRICULTURE12020291

Yin, W., Chai, Q., Zhao, C., Yu, A., Fan, Z., Hu, F., Fan, H., Guo, Y., & Coulter, J. A. (2020). Water utilization in intercropping: A review. *Agricultural Water Management*, *241*, 106335. https://doi.org/10.1016/J.AGWAT.2020.106335