

ALINE MARQUES PINHEIRO

**RESISTÊNCIA DE GENÓTIPOS DE COUVE-DE-FOLHA, *Brassica oleracea* var.
acephala (L.), A *Plutella xylostella* (L.) (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE)**

Botucatu

2024

ALINE MARQUES PINHEIRO

RESISTÊNCIA DE GENÓTIPOS DE COUVE-DE-FOLHA, *Brassica oleracea* var. *acephala* (L.), A *Plutella xylostella* (L.) (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE)

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Proteção de Plantas).

Orientador: Dr. Carlos Gilberto Raetano

Coorientador(a): Dr. André Luiz Lourenção

Botucatu

2024

P654r

Pinheiro, Aline Marques

Resistência de genótipos de couve-de-folha, *Brassica oleracea* var. *acephala* (L.), a *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) / Aline Marques Pinheiro.

-- Botucatu, 2024

77 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP),
Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu

Orientador: Carlos Gilberto Raetano

Coorientador: André Luiz Lourenção

1. Antibiose. 2. Antixenose. 3. Tabela de vida. 4. Resistência de plantas a insetos. 5. Traça-das-crucíferas. I. Título.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Câmpus de Botucatu



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: RESISTÊNCIA DE GENÓTIPOS DE COUVE-DE-FOLHA *Brassica oleracea* var. *acephala* (L.) A *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae)

AUTORA: ALINE MARQUES PINHEIRO
ORIENTADOR: CARLOS GILBERTO RAETANO
COORIENTADOR: ANDRÉ LUIZ LOURENÇÃO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em Agronomia (Proteção de Plantas), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. ANDRÉ LUIZ LOURENÇÃO (Participação Presencial)
Entomologia e Acarologia / Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz

Prof. Dr. BRUNO HENRIQUE SARDINHA DE SOUZA (Participação Virtual)
Entomologia / Universidade Federal de Lavras

Prof. Dr. VINÍCIUS FERNANDES CANASSA (Participação Presencial)
. / Faculdade Eduvale Avaré

Botucatu, 30 de julho de 2024

*À minha família, que me ensinou o significado de
estar junto mesmo a 2.334 km de distância,*

dedico

AGRADECIMENTOS

“É justo que muito custe o que muito vale” (Santa Teresa de Jesus). Começo esses agradecimentos com a frase que rege a minha vida, pois essa etapa vencida vale muito para mim, mas também muito me custou.

Agradeço a Deus, por ser meu amparo, meu refúgio e a minha fortaleza.

Ao meu ex-orientador, Dr. Edson Luiz Lopes Baldin (*in memoriam*), por ser o primeiro idealizador desse projeto e confiá-lo a mim mesmo sem me conhecer. Espero que de alguma forma esteja orgulhoso.

Ao meu coorientador, Dr. André Luiz Lourenção, por todo suporte e contribuição.

Ao meu orientador, Dr. Carlos Gilberto Raetano, pela disponibilidade e suporte.

Ao Dr. Vinicius Canassa, por todo apoio, disponibilidade e paciência, principalmente nas idas ao campo.

À minha família, especialmente meus pais Angela e Oseas, e meu irmão Bruno, por serem verdadeiros alicerces e suportarem a distância. Vocês são minha saudade diária e meu incentivo para seguir essa jornada longe do meu primeiro lar.

A todos do LARESPI, especialmente Vinicius, Ana Clara, Diogo, Roberta, Pedro, Giovanni, Felipe, Isabela, Muriel, pela ajuda e diversões compartilhadas.

À Ana Paula pelo auxílio nos experimentos e pela amizade além do departamento. Ao Alisson pelas correções na redação final.

Aos amigos que fiz na pós-graduação, especialmente Bruna e Thaís.

À Paula Gregorini, pela amizade e por todos os momentos vividos dentro e fora do departamento. Quem encontrou um amigo, encontrou um tesouro. Obrigada por tudo.

Ao Ricardo, pelo imenso suporte em inúmeras ocasiões nesse último ano de mestrado. O processo foi muito mais leve por tê-lo comigo.

Ao Programa de Pós-graduação em Agronomia: Proteção de Plantas da Faculdade de Ciências Agrônomicas/UNESP, pela excelência e oportunidade.

À banca examinadora, pela disponibilidade, considerações e melhorias para esse trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

RESUMO

A família Brassicaceae abrange mais de 4000 espécies, amplamente utilizadas para diversos fins. A couve-de-folha [*Brassica oleracea* (L.) var. *acephala*] é uma hortaliça altamente consumida devido ao seu elevado teor de vitaminas A, C e K, ácido fólico e fibras. Atualmente, um dos grandes desafios é atender à crescente demanda por alimentos, porém um dos principais limitadores da produtividade das hortaliças é o ataque de insetos-praga. *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) é considerada a principal espécie desfolhadora das brássicas. O uso de químicos tem sido a principal estratégia de controle de populações de *P. xylostella*. No entanto, casos de resistência a diversos grupos químicos já foram relatados para esse inseto. Nesse cenário, o uso de plantas resistentes é considerado uma ferramenta valiosa para o Manejo Integrado de Pragas (MIP) e pode ser utilizado em associação com outros métodos de controle. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a expressão de antibiose e/ou antixenose em 17 genótipos de couve-de-folha e o efeito transgeracional sobre *P. xylostella* por meio de bioensaios em laboratório. Além disso, foram avaliados os fatores associados à resistência como a cera epicuticular e a dureza das folhas. Os genótipos HS e 32 GUA afetaram o desenvolvimento larval, o ciclo lagarta-adulto e reduziram a ingestão alimentar das larvas, indicando a expressão de antibiose/antixenose. Observou-se aumento no ciclo lagarta-adulto nos genótipos HS, 8 H, 9 I e 22 V, sugerindo expressão de antibiose. O estágio pupal foi mais longo nos genótipos 8 H, 9 I, 20 T e 14 N, também indicando efeito de resistência por antibiose. Os genótipos 32 GUA, HS e 8 H reduziram a viabilidade de larvas e pupas, demonstrando efeito de resistência por antibiose. Genótipos com maior teor de cera e dureza foliar foram menos consumidos pelas larvas e, conseqüentemente, geraram pupas mais leves. Os genótipos 8 H, 9 I, 14 N e HI CROP afetaram negativamente a performance de *P. xylostella* na geração F2 do estudo. Foram observadas reduções do período de oviposição, número de ovos por fêmea, taxa reprodutiva líquida (R_0) e taxa intrínseca de crescimento (rm). Os genótipos 32 GUA, 2 B e HS resultaram em baixa emergência de adultos, não permitindo formação de casais para o estudo da tabela de vida. Os dados obtidos neste trabalho podem ser úteis para o mapeamento de características de resistência dos programas de melhoramento de plantas e para o manejo de *P. xylostella*.

Palavras-chave: antibiose; antixenose; tabela de vida; resistência de plantas a insetos; traça-das-crucíferas.

ABSTRACT

The Brassicaceae family comprises more than 4000 species, widely used for several purposes. Collard greens [*Brassica oleracea* (L.) var. *acephala*] are a highly consumed vegetable due to their high content of vitamins A, C, and L, folic acid, and fiber. Currently, one of the major challenges is meeting the growing demand for food, and one of the main limitations to vegetable productivity is the attack of pest insects. *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) is considered the main herbivore species of brassicas. Chemical control has been the main strategy used to manage *P. xylostella* populations. However, several cases of resistance to almost all chemicals group of insecticides have been reported for this insect. In this scenario, the use of resistant plants is considered a valuable tool for Integrated Pest Management (IPM) and can be resistant and can be used in association with other control methods. Therefore, the aim of this study was to evaluate the expression of antibiosis and/or antixenosis in 17 genotypes of collard greens and the transgenerational effect on *P. xylostella* through laboratory bioassays. Additionally, factors associated with resistance, such as epicuticular wax and leaf hardness, were evaluated. The HS and 32 GUA genotypes affected larval development, the larva-adult cycle, and reduced larval food intake, indicating the expression of antibiosis/antixenosis. Alterations in the larva-adult cycle were observed in the HS, 8 H, 9 I, and 22 V genotypes, suggesting the expression of antibiosis. The pupal stage was longer in the 8 H, 9 I, 20 T, and 14 N genotypes, also indicating a resistance effect through antibiosis. Genotypes 32 GUA, HS, and 8 H reduced the viability of larvae and pupae, demonstrating an antibiosis resistance effect. Genotypes with higher wax content and leaf hardness were less consumed by larvae and consequently produced lighter pupae. The 8 H, 9 I, 14 N, and HI CROP genotypes negatively affected the performance of *P. xylostella* in the F2 generation of the study. Reductions in the oviposition period, number of eggs per female, net reproductive rate (R_0), and intrinsic rate of increase (rm) were observed. The 32 GUA, 2 B, and HS genotypes resulted in low adult emergence, preventing the formation of couples for the life table study. The data obtained in this work be useful for mapping resistance traits in plant breeding programs and for the management of *P. xylostella*.

Keywords: antibiosis; antixenosis; life table; plant resistance to insects; diamondback moth.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO 1 - CARACTERIZAÇÃO DE ANTIXENOSE E ANTIBIOSE DE GENÓTIPOS DE COUVE A *Plutella xylostella* E INTERAÇÃO COM FATORES MORFOLÓGICOS DE RESISTÊNCIA

Figura 1 - Médias (\pm EP) de viabilidade larval (A) e viabilidade pupal (B) de *Plutella xylostella* em genótipos de couve.. 37

Figura 2 - Consumo total de folhas (\pm EP) de larvas de *Plutella xylostella* alimentadas com folhas de genótipos de couve..39

CAPÍTULO 2 – TRANSGENERATIONAL EFFECT OF DIFFERENT COLLARD GREEN GENOTYPES ON *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae)

Figure 1 - Specific fertility (m_x) and survival (l_x) of *Plutella xylostella* fed with different collard green genotypes. 61

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1 - CARACTERIZAÇÃO DE ANTIXENOSE E ANTIBIOSE DE GENÓTIPOS DE COUVE A *Plutella xylostella* E INTERAÇÃO COM FATORES MORFOLÓGICOS DE RESISTÊNCIA

Tabela 1 - Código, nomes e características de genótipos de couve avaliados quanto à resistência a <i>Plutella xylostella</i>	30
Tabela 2 - Número médio (\pm EP) dos períodos de 1 ^o , 2 ^o , 3 ^o e 4 ^o instar, período larval, período pré-pupal, período pupal e ciclo lagarta-adulto de <i>Plutella xylostella</i> em 17 genótipos de couve.....	35
Tabela 3 - Peso médio (\pm EP) de pupas de <i>Plutella xylostella</i> oriundas de lagartas alimentadas com diferentes genótipos de couve.....	38
Tabela 4 - Médias (\pm EP) de dureza foliar na parte adaxial e abaxial, quantidade total de cera e quantidade de cera/vinte discos foliares (mg) obtidos de folhas apicais de quinze genótipos de couve.....	40
Tabela 5 - Coeficientes de correlação de Pearson (r) e probabilidades (P) entre os parâmetros de <i>Plutella xylostella</i> e características dos genótipos de couve.....	40

CAPÍTULO 2 – TRANSGENERATIONAL EFFECT OF DIFFERENT COLLARD GREEN GENOTYPES ON *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae)

Table 1 - Code, names, and characteristics of collard green genotypes evaluated for resistance to <i>Plutella xylostella</i>	54
Table 2 - Means (\pm SE) longevity of males and females and sex ratio of <i>Plutella xylostella</i> fed on collard greens genotypes.....	57
Table 3 - Means (\pm SE) of reproductive parameters of <i>Plutella xylostella</i> fed on leaves of collard green genotypes.	59
Table 4 - Net reproductive rate (R_0), intrinsic rate of increase (rm), finite rate of increase (λ), mean generation time (T), and time to duplication (TD) of <i>Plutella xylostella</i> fed with different collard green genotypes.	63

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	19
CAPÍTULO 1 – CARACTERIZAÇÃO DE ANTIXENOSE E ANTIBIOSE DE GENÓTIPOS DE COUVE A <i>Plutella xylostella</i> E INTERAÇÃO COM FATORES MORFOLÓGICOS DE RESISTÊNCIA.....	24
1.1 INTRODUÇÃO.....	27
1.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	28
1.2.1 Criação de <i>Plutella xylostella</i>	28
1.2.2 Obtenção dos genótipos de couve.....	28
1.2.3 Ensaio de desempenho biológico.....	32
1.2.4 Análise de cerosidade.....	32
1.2.5 Análise de dureza foliar.....	32
1.2.6 Análises de estatísticas.....	33
1.3 RESULTADOS.....	33
1.3.1 Ensaio de desempenho biológico.....	33
1.3.2 Consumo foliar.....	39
1.3.3 Dureza e cerosidade.....	39
1.3.4 Correlações.....	40
1.4 DISCUSSÃO.....	41
1.5 CONCLUSÃO.....	43
REFERÊNCIAS.....	44
CAPÍTULO 2 – TRANSGENERATIONAL EFFECT OF DIFFERENT COLLARD GREEN GENOTYPES ON <i>Plutella xylostella</i> (Lepidoptera: Plutellidae).....	49

2.1	INTRODUCTION.....	51
2.2	MATERIALS AND METHODS.....	52
2.2.1	<i>Plutella xylostella</i> rearing.....	52
2.2.2	Obtaining collard green genotypes.....	52
2.2.3	Development and reproduction.....	55
2.2.4	Life table parameters.....	55
2.2.5	Statistical analysis.....	56
2.3	RESULTS.....	56
2.3.1	Longevity and sex ratio.....	56
2.3.2	Reproductive parameters.....	57
2.3.3	Demographic parameters.....	60
2.4	DISCUSSION.....	64
2.5	CONCLUSION.....	66
	REFERENCES.....	67
	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	72
	REFERÊNCIAS.....	73

INTRODUÇÃO GERAL

A família Brassicaceae abrange 372 gêneros e mais de 4000 espécies, incluindo diversas hortaliças dos gêneros *Brassica* e *Raphanus*, comumente consumidas (German *et al.*, 2023). Essa família é uma importante fonte de especiarias, óleos vegetais, plantas ornamentais e espécies modelo para estudos biológicos, como é o caso de *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. (Guo *et al.*, 2017). O gênero *Brassica*, com 37 espécies, destaca-se por sua relevância agrícola e diversos usos (Nawaz; Shad; Muzaffar, 2018; Salehi *et al.*, 2021). Devido ao alto teor de vitaminas A, C e K, além de ácido fólico, o consumo diário desses vegetais é cada vez mais explorado (Bell; Oruna-Concha; De Haro-Bailon, 2023; Sanlier; Guler Saban, 2018). Isso gera uma grande demanda para produção mundial de repolho [*Brassica oleracea* (L.) var. *capitata*], couve [*B. oleracea* (L.) var. *acephala*], couve-flor [*B. oleracea* (L.) var. *botrytis*], brócolis [*B. oleracea* (L.) var. *italica* Plenck], canola [*B. napus* (L.)] e mostarda [*B. juncea* (L.)] (Zandberg *et al.*, 2022). Entretanto, a produção desses cultivos pode ser comprometida diante da ocorrência de problemas fitossanitários, como o ataque de patógenos e insetos-praga.

Os insetos são um dos grupos de seres vivos mais diversos e bem-sucedidos, representando cerca de 75% das espécies na Terra (Grimaldi; Engel, 2005). Estimativas globais indicam que insetos causam a perda de aproximadamente 38% da produção agrícola, resultando em prejuízos superiores a 470 milhões de dólares (Sharma; Kooner; Arora, 2017; Junaid; Gokce, 2024). No caso das brássicas, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), conhecida como traça-das-crucíferas, é a praga mais significativa, sendo responsável por cerca de 90% da desfolha nessas culturas, atacando-as desde a fase de muda (Ayalew, 2006; Machezano; Mvumi; Nyamukondiwa, 2020).

Os adultos são microlepidópteros, medindo aproximadamente 12-15 mm de envergadura (Reid; Cuthbert, 1971). Embora tenham capacidade limitada de voo e dispersão, em média percorrendo 13-35 metros dentro de um campo de cultivo (Mo *et al.*, 2003), eles podem ser facilmente transportados pelo vento, alcançando distâncias de 400 a 500 km (Hopkinson; Soroka, 2010). A fase larval de *P. xylostella* é predominantemente oligófaga, responsável por danos às culturas por meio da desfolha, com preferência para folhas mais jovens das plantas (Moreira *et al.*, 2016).

Além disso, a presença de larvas vivas e mortas em partes comerciais de brássicas pode levar à rejeição do produto pelo mercado (Capinera, 2001; Inifap, 2013). Embora sejam pequenas em relação a outras espécies de Lepidoptera, as populações podem atingir densidades que causam a destruição completa das folhas, resultando em grandes perdas econômicas. Os danos ocorrem quando as larvas de primeiro instar minam o tecido foliar, enquanto os instares posteriores consomem o tecido da parte inferior das folhas, mastigando áreas irregulares e frequentemente deixando a camada epidérmica superior e as nervuras das folhas com um aspecto de janela (De Bortoli *et al.*, 2013).

A origem geográfica da traça-das-crucíferas ainda é alvo de discussão. Ela pode ter se originado na Europa (Hardy, 1938) ou no Leste Asiático, com base nas populações de parasitoides e plantas hospedeiras (Liu *et al.*, 2000). Contudo, a sua distribuição geográfica expandiu consideravelmente, assim como seu status de praga em várias regiões do mundo (Furlong; Wright; Dossdall, 2013). Esse fenômeno pode ser atribuído ao seu ciclo de vida rápido, capacidade de adaptação a diferentes ambientes, crescente demanda agrícola por vegetais do gênero *Brassica* e resistência a diversos grupos de inseticidas (Furlong; Wright; Dossdall, 2013; Perry *et al.*, 2018; Li *et al.*, 2021). Atualmente, *P. xylostella* é considerada uma praga tipicamente cosmopolita, distribuída na Europa, Ásia, África, América, Austrália, Nova Zelândia e Ilhas Havaianas (Sivapragasam *et al.*, 1997; Mohammad Feizal *et al.*, 2014; Andreeva; Shatalova, 2017; Andreeva; Shatalova; Khodakova, 2021).

Acredita-se que essa praga tenha coevoluído com a família de plantas crucíferas, tornando-se o inseto mais destrutivo dessas culturas (Ratzka *et al.*, 2002). Estima-se que *P. xylostella* tenha se especializado em crucíferas quando as Cruciferae divergiram das Caricaceae, há cerca de 54 a 90 milhões de anos (Wang *et al.*, 2011). *P. xylostella* oferece um sistema excelente para entender as bases genéticas e moleculares de como os insetos herbívoros lidam com a variedade de defesas das plantas e produtos químicos presentes no meio ambiente (You *et al.*, 2013). O genoma da traça-das-crucíferas possui 1412 genes específicos, os quais estão principalmente envolvidos em processos biológicos essenciais para o processamento de informações ambientais, replicação e/ou reparo cromossômico, regulação transcricional e metabolismo de carboidratos e proteínas (You *et al.*, 2013). Além disso, essa espécie exibe uma variedade de receptores olfativos

específicos para diferentes fases do ciclo de vida, sugerindo um elevado potencial de adaptação aos sinais químicos das plantas hospedeiras (You *et al.*, 2013; Liu *et al.*, 2022). Essas descobertas indicam que *P. xylostella* possui habilidade inerente de reagir rapidamente ao estresse ambiental e a danos genéticos (Lima Neto; Da Solidade Ribeiro, 2021; Zhu *et al.*, 2021; Shen *et al.*, 2023).

O controle químico tem sido a principal abordagem empregada no manejo das populações de *P. xylostella*. Contudo, o uso contínuo e intensivo dessa prática resultou na seleção de populações resistentes dessa espécie. Esse inseto foi a primeira espécie a desenvolver resistência ao diclorodifeniltricloroetano (DDT) na década de 1950 (Ankersmit, 1953) e às toxinas do *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) na década de 1990 (Heckel *et al.*, 1999). *Plutella xylostella* possui um conjunto maior de genes relacionados à resistência a inseticidas em comparação com outros insetos (Pauchet *et al.*, 2008; Wanner; Robertson, 2008). Foram identificados genes das famílias de transportadores ABC (cassete de ligação de ATP), monooxigenases P450, glutatona S-transferases e carboxilesterases, os quais desempenham papéis essenciais na desintoxicação de xenobióticos em insetos (You *et al.*, 2013). Atualmente, *P. xylostella* possui histórico de resistência a quase todos os grupos de inseticidas (Aprd, 2024). Portanto, é de extrema importância a avaliação de métodos alternativos de controle que possam ser utilizados em conjunto com outras táticas no Manejo Integrado de Pragas (MIP).

Outro método de controle de inseto é a resistência de planta. Esta se refere à habilidade natural da planta em reduzir os danos causados por insetos, utilizando diferentes mecanismos de defesa proporcionados por sua composição genética (Painter, 1951). Geralmente, essa resistência é compatível com todas as outras estratégias de manejo integrado de pragas (Baldin; Vendramim; Lourenção, 2019). A resistência de plantas pode se manifestar em três formas: antixenose, antibiose e tolerância. A antixenose ocorre quando a planta possui características químicas, físicas ou morfológicas que desfavorecem o comportamento do inseto durante o processo de seleção hospedeira. A antibiose é observada quando a planta impacta negativamente a biologia do inseto hospedeiro, afetando seu desenvolvimento, reprodução e outros aspectos biológicos. Por fim, as plantas tolerantes são aquelas que conseguem resistir ou se recuperar dos danos provocados pelos insetos, sem

afetar seu comportamento ou sua biologia (Painter, 1951; Lara, 1991; Smith, 2005; Baldin; Vendramim; Lourenção, 2019).

A produção ampliada de plantas cultivadas resistentes a insetos é essencial para enfrentar dois grandes desafios do século XXI: aumentar a produção de alimentos e reduzir as emissões de dióxido de carbono que contribuem para as mudanças climáticas (Smith, 2021). As plantas resistentes continuam sendo fundamentais na agricultura por sua capacidade de aumentar a produtividade e reduzir os custos com inseticidas (Seixas; Silveira; Ferrari, 2022).

Há uma vasta literatura que demonstra como as plantas cultivadas resistentes a insetos reduzem a necessidade de aplicações de inseticidas, melhoram as condições ambientais e diminuem as emissões de carbono (Brookes, 2022; Seixas; Silveira; Ferrari, 2022; Saltzmann *et al.*, 2023). Além disso, o uso de variedades com característica moderada de resistência mantém densidades populacionais adequadas para fornecer alimento a predadores e parasitoides, contribuindo para o equilíbrio ecológico e manutenção do controle biológico (Rand; Richmond; Dougherty, 2020). As plantas resistentes a insetos que operam por meio da tolerância são especialmente adequadas para programas de manejo integrado, pois aumentam os limiares econômicos sem exercer pressão de seleção para virulência nas populações de pragas (Peterson; Varella; Higley, 2017; Peterson; Higley; Pedigo, 2018).

O melhoramento convencional de plantas consiste na identificação de plantas-mãe com características desejáveis para gerar combinações favoráveis na próxima geração. Esse método tem mais de 10.000 anos e foi significativamente aprimorado no último século (Doebley; Gaut; Smith, 2006). A capacidade de selecionar indivíduos específicos de grandes populações é crucial para o melhoramento de plantas e é aplicada em diversas etapas do processo, incluindo o mapeamento de características (Kaiser *et al.*, 2020). Os programas atuais de resistência a insetos devem continuar a buscar novas fontes de resistência, mas é igualmente importante manter os genótipos resistentes já desenvolvidos (Feldmann; Rieckmann; Winter, 2019).

A planta hospedeira desempenha um papel crucial na dinâmica de *P. xylostella*. Aspectos como qualidade nutricional e a morfologia da planta (por

exemplo, a cor das folhas e a presença de ceras epicuticulares) influenciam tanto a preferência quanto o desempenho da praga no hospedeiro (Teixeira *et al.*, 2013; Silva *et al.*, 2017; Asmoro *et al.*, 2021). Além dos atributos morfológicos e da qualidade nutricional do hospedeiro, as características químicas de brassicáceas também conferem resistência a *P. xylostella*. Essas plantas utilizam um sistema particular de defesa de glucosinolatos-mirosinase contra insetos e patógenos (Canassa *et al.*, 2020; Santolamazza-Carbone *et al.*, 2014). Embora a especialização de *P. xylostella* tenha proporcionado o uso de glucosinolatos como um sistema de orientação na seleção hospedeira (Ratzka *et al.*, 2002; Marazzi; Patrian; Städler, 2004), perfis químicos específicos desses compostos conferem resistência a esse inseto (Robin *et al.*, 2017). Portanto, um hospedeiro que tenha impacto no desempenho da praga contribui para a redução de suas populações locais.

Um elemento crucial em um programa de manejo integrado é a compreensão da resistência entre diferentes cultivares, do potencial de crescimento populacional de uma praga e de sua história de vida em uma cultura específica (Jaleel *et al.*, 2019; Rossini *et al.*, 2024). Um dos métodos clássicos empregados para estimativa de taxas de crescimento populacional em artrópodes utiliza tabelas de vida e fertilidade. Uma tabela de vida é projetada para estudar a demografia de uma população de insetos em resposta a variáveis ambientais, incluindo a planta hospedeira (Chi *et al.*, 2020). Parâmetros populacionais como taxa intrínseca de aumento (rm), taxa finita de aumento (λ), taxa reprodutiva líquida (R_0) e tempo médio de geração (T) descrevem características através de estimadores eficazes que preveem o tamanho potencial da população de insetos em diferentes plantas hospedeiras (Yang *et al.*, 2021; Ghodjani *et al.*, 2023; Bonvari; Hemmati; Shishehbor, 2024).

Uma vez que a traça-das-crucíferas é a principal praga da família Brassicaceae e desenvolve resistência inicial aos inseticidas, faz-se necessária uma abordagem ecologicamente correta para ser utilizada em um contexto de manejo integrado, reduzindo o uso do controle químico. Desse modo, este estudo se concentrou na caracterização da expressão da resistência em um amplo germoplasma de couve-de-folha sobre *P. xylostella* e no impacto dos genótipos nos parâmetros reprodutivos e demográficos dessa espécie.

CAPÍTULO 1

CARACTERIZAÇÃO DE ANTIXENOSE E ANTIBIOSE DE GENÓTIPOS DE COUVE A *Plutella xylostella* E INTERAÇÃO COM FATORES MORFOLÓGICOS DE RESISTÊNCIA

Aline Marques Pinheiro^a, Edson Luiz Lopes Baldin^a, Vinicius Fernandes Canassa^a, Thais Lohaine Braga dos Santos^a, Ana Paula Santana Lima^b, André Luiz Lourenção^c, Carlos Gilberto Raetano^a

^aDepartamento de Proteção Vegetal, Universidade Estadual Paulista, 18610-034, Botucatu, São Paulo, Brasil.

^bWest Central Research, Extension and Education Center, Department of Entomology, University of Nebraska-Lincoln, NE 69101, North Platte, United States.

^cDepartamento de Entomologia e Acarologia, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 13418-900, Piracicaba, São Paulo, Brasil.

Resumo: A traça-das-crucíferas, *Plutella xylostella*, é uma praga de extrema importância para o cultivo de hortaliças em todo o mundo. Há relatos de resistência desse inseto a quase todos os grupos químicos de inseticidas, o que dificulta seu controle. Nesse cenário, o uso de plantas resistentes é uma alternativa viável para o manejo dessa praga. O objetivo deste estudo foi avaliar a resistência de 17 genótipos de couve-de-folha, *Brassica oleracea* var. *acephala*, a *P. xylostella*, além da influência dos fatores de cera e textura possivelmente relacionados. Foi verificada a presença de antibiose por meio de avaliação dos parâmetros do ciclo de vida e a expressão de antixenose através de consumo alimentar. Pela influência no ciclo de desenvolvimento, viabilidade larval e consumo alimentar, foram indicadas antibiose e antixenose nos genótipos HS, 32 GUA e 2 B. Observou-se alteração no ciclo lagarta-adulto nos genótipos HS, 8 H, 9 I e 22 V, sugerindo expressão de antibiose. O estágio pupal foi mais longo nos genótipos 8 H, 9 I, 20 T e 14 N, também indicando efeito de resistência por antibiose. Os genótipos 32 GUA, 2 B e HS reduziram as viabilidades larval e pupal, indicando serem portadores de resistência do tipo antibiose. Genótipos com maior teor de cera e dureza foliar foram menos consumidos pelas larvas e, conseqüentemente, geraram pupas mais leves. De modo geral, os genótipos 32 GUA, HS, 8 H e 2 B foram as fontes mais promissoras de resistência neste estudo, por afetarem diferentes parâmetros de *P. xylostella*. Considerando a importância de retorno às bases da resistência de plantas, os resultados apresentados serão cruciais para programas de manejo ecologicamente corretos dessa praga.

Palavras-chave: resistência de plantas a insetos, cerosidade, Brassicaceae, traça-das-crucíferas

Abstract: The diamondback moth, *Plutella xylostella*, is an extremely important pest for vegetable crops worldwide. There are reports of resistance of this insect to almost all chemical groups of insecticides, which makes its control difficult. In this scenario, the use of resistant plants is a viable alternative for the management of this pest. The objective of this study was to evaluate the resistance of 17 collard green genotypes, *Brassica oleracea* var. *acephala*, to *P. xylostella*, in addition to the influence of possibly related wax and texture factors. The presence of antibiosis was verified by evaluating life cycle parameters and the expression of antixenosis through food consumption. Due to the influence on the development cycle, larval viability and food consumption, antibiosis and antixenosis were indicated in the HS, 32 GUA, and 2 B genotypes. Changes in the larvae-adult cycle were observed in the HS, 8 H, 9 I, and 22 V genotypes, suggesting expression of antibiosis. The pupal stage was longer in the 8 H, 9 I, 20 T, and 14 N genotypes, also indicating the effect of resistance by antibiosis. The genotypes 32 GUA, 2 B, and HS reduced larval and pupal viabilities, indicating that they carry antibiosis resistance. Genotypes with higher wax content and leaf hardness were less consumed by the larvae and, consequently, generated lighter pupae. In general, 32 GUA, HS, 8 H, and 2 B genotypes were the most promising sources of resistance in this study, as they affect different parameters of *P. xylostella*. Considering the importance of returning to the bases of plant resistance, the results presented will be crucial for ecologically correct management programs for this pest.

Keywords: plant resistance to insects, waxiness, Brassicaceae, diamondback moth

1.1 INTRODUÇÃO

Plutella xylostella (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), é a principal ameaça às brássicas em todo o mundo (Philips *et al.*, 2014; Machekano; Mvumi; Nyamukondiwa, 2020). As larvas dessa espécie provocam consideráveis prejuízos nas plantas devido à sua capacidade de desfolha, com custos de manejo na ordem de bilhões de dólares (Zalucki *et al.*, 2012; Li *et al.*, 2016).

Tradicionalmente, *P. xylostella* tem sido controlada por inseticidas sintéticos. No entanto, diversos fatores contribuem para o aumento dos alelos de resistência a inseticidas, incluindo seu ciclo de vida curto, a intensa pressão seletiva decorrente do uso inadequado de inseticidas sintéticos, sua alta taxa de reprodução e plasticidade genética (Shen *et al.*, 2023). Até o momento, mais de 866 casos de resistência a 101 ingredientes ativos têm sido registrados (Aprd, 2024). Portanto, faz-se necessária a busca por estratégias que possam ser empregadas no manejo integrado de forma harmônica. Diante disso, as plantas resistentes são exemplos valiosos para o controle de pragas (Fathipour *et al.*, 2019; Jafary-Jahed *et al.*, 2019; Ongaratto *et al.*, 2021; Lima *et al.*, 2024).

A interação entre inseto e planta constitui um sistema dinâmico, sujeito a variações e mudanças constantes (Schoonhoven; Van Loon; Dicke, 2005). As plantas desenvolveram diversos mecanismos de defesa, incluindo barreiras físicas e químicas, como a produção de proteínas de defesa, a liberação de compostos voláteis que atraem inimigos naturais, a presença de metabólitos secundários, a densidade de tricomas e o teor de cera epicuticular (Znidarcic; Valic; Trdan, 2008; Queiroz *et al.*, 2020; Divekar *et al.*, 2022). Estudos apontam que componentes primários da cera da família Brassicaceae, incluindo alquilas de cadeia longa, possuem atividade aleloquímica que afeta o comportamento de aceitação do hospedeiro por larvas de *P. xylostella* (Eigenbrode; Pillai, 1998; Badenes-Perez; Gershenzon; Heckel, 2014). Além disso, metabólitos secundários das plantas, como os glucosinolatos, desempenham papel crucial no reconhecimento da planta hospedeira por insetos especializados em Brassicaceae, como é o caso das traças-crucíferas (Liu *et al.*, 2020; Ahmed *et al.*, 2022).

Por isso, o uso de plantas resistentes pode auxiliar no manejo de *P. xylostella* em crucíferas. Existem diferentes estratégias que as plantas podem adotar para lidar com insetos-praga. Algumas plantas resistentes expressam antibiose, o que interfere

na biologia do inseto. Reduções significativas no tamanho, peso, longevidade e deformidade física dos insetos são efeitos comuns ocasionados por plantas que apresentam antibióticos (Baldin; Vendramim; Lourenção, 2005; Santos *et al.*, 2020; Correa *et al.*, 2022). Outras plantas expressam antixenose, influenciando o comportamento dos insetos e levando à redução de suas populações (Valle; Lourenção, 2002; Morando *et al.*, 2015; Queiroz *et al.*, 2020; Castilhos; Brugnara; Nesi, 2022). Ademais, há as plantas tolerantes, que não impactam a biologia nem o comportamento dos insetos. Mesmo diante de uma alta incidência da praga, essas plantas conseguem se recuperar e manter sua produtividade (Smith; Clemente, 2012; Peterson; Varella; Higley, 2017).

Diante da importância de *P. xylostella* no cenário mundial e da problemática da resistência a inseticidas, este estudo visou identificar a ocorrência de resistência por antibiose e/ou antixenose em um banco de germoplasma de *Brassica oleracea* var. *acephala* com variabilidade genética de resistência a insetos, além de tentar compreender os mecanismos associados, por meio da caracterização da cerosidade superficial e dureza das folhas.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

1.2.1 Criação de *Plutella xylostella*

A criação de *P. xylostella* foi iniciada com insetos coletados em área de cultivo convencional no município de Pardinho, SP, Brasil (23°02'28" S 48°22'43" O). Os ovos e as larvas foram mantidos em recipientes plásticos vedados com tecido organza, em ambiente controlado (25 ± 1°C, fotoperíodo de 12h e umidade relativa de 70 ± 10%). As larvas foram alimentadas com folhas de couve do genótipo Manteiga (variedade não avaliada no estudo), obtidas de plantas saudáveis cultivadas em casa de vegetação. As pupas e os adultos foram mantidos em gaiolas teladas, nas quais foram disponibilizados mel (solução de 10%) e folhas de couve para alimentação dos adultos e para oviposição das fêmeas, respectivamente. As folhas contendo os ovos foram utilizadas para iniciar um novo ciclo.

1.2.2 Obtenção dos genótipos de couve

Foram avaliados 17 genótipos de couve, com ampla variabilidade genética (Tabela 1). Doze genótipos fazem parte do banco de germoplasma do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), e foram cedidos por esta instituição, e os demais

genótipos foram obtidos comercialmente. As plantas foram cultivadas em vasos plásticos (2,5 L) contendo substrato (Carolina Soil®), composto por solo, areia e matéria orgânica (esterco de curral curtido), na proporção de 1:1:1. Para a propagação vegetativa, as brotações foram retiradas das plantas e armazenadas em bandejas de isopor com 128 células preenchidas com substrato comercial para produzir a quantidade necessária de cada genótipo. Os vasos foram mantidos em casa de vegetação livre de infestação de insetos. As plantas receberam os tratamentos culturais necessários (irrigação, desbaste, limpeza etc.) e foram adubadas de acordo com recomendações para a cultura (Cantarella *et al.*, 2022).

Tabela 1 - Código, nomes e características de genótipos de couve avaliados quanto à resistência a *Plutella xylostella*.

Código	Genótipo¹	Características técnicas	Histórico de resistência
1 A	Manteiga de Ribeirão Pires I 2620	Margem irregularmente sinuosa, denticulada	Antixenose para <i>Ascia monuste orseis</i> (Schlick-Souza et al. 2011); antibiose para <i>A. monuste orseis</i> (Baldin et al. 2015)
2 B	Manteiga I 1811	Margem irregularmente sinuosa, denticulada	Antibiose/antixenose para <i>Brevicoryne brassicae</i> (Canassa et al. 2021)
5 E	Gigante I 915	Pecíolo verde, manchas roxas	Antibiose/antixenose para <i>B. brassicae</i> (Canassa et al. 2021)
6 F	Manteiga I 916	Pecíolo curto	
8 H	Manteiga de Ribeirão Pires I 2446	Pecíolo verde	Antixenose para <i>A. monuste orseis</i> (Schlick-Souza et al. 2011); antibiose para <i>A. monuste orseis</i> (Baldin et al. 2015); antibiose/antixenose para <i>B. brassicae</i> (Canassa et al. 2021)
9 I	Crespa de Capão Bonito	Nervuras proeminentes	Antibiose para <i>A. monuste orseis</i> (Baldin et al. 2015); antixenose para <i>Bemisia tabaci</i> MEAM1 (Domingos et al. 2018)
12 L	Manteiga de Jundiaí	Coloração verde clara	Antixenose para <i>A. monuste orseis</i> (Schlick-Souza et al. 2011)
14 N	Manteiga São José	Ápice assimétrico	Antibiose para <i>B. brassicae</i> (Canassa et al. 2021)
20 T	Hortolândia	Limbo orbicular	Antixenose para <i>B. tabaci</i> MEAM1 (Domingos et al. 2018); antixenose para <i>B. brassicae</i> (Canassa et al. 2021)
22 V	Vale das Garças	Nervuras roxas	Antixenose para <i>B. tabaci</i> MEAM1 (Domingos et al. 2018); antixenose para <i>B. brassicae</i> (Canassa et al. 2021)
32 GUA	Guaranésia	Bordas serrilhadas	
34 L1	Leguminosa 1	Coloração verde clara	Antixenose para <i>B. tabaci</i> MEAM1 (Domingos et al. 2018)

GAU	Gaudina	Coloração verde escura, bordas encaracoladas ²	Antibiose para <i>B. brassicae</i> (Canassa et al. 2021)
HI CROP	Manteiga Hi-Crop	Coloração verde intensa ²	
HS	Manteiga HS-20	Cor verde médio, bordas lisas ²	Antixenose para <i>B. tabaci</i> MEAM1 (Domingos et al. 2018)
KOBE	Manteiga Kobe F1	Coloração verde escura ²	
MGI	Manteiga - Isla®	Coloração verde escura ²	Antixenose para <i>B. tabaci</i> MEAM1 (Domingos et al. 2018); antibiose para <i>B. brassicae</i> (Canassa et al. 2021)

¹Descrição segundo Trani et al. (2015); ²Informações das empresas.

1.2.3 Ensaio de desempenho biológico

Lagartas neonatas foram acondicionadas individualmente em placas de Petri (9,0 x 1,5 cm), contendo discos foliares (4,6 cm²) de cada genótipo sobre papel filtro umedecido com água (300 µL). Cada placa foi considerada uma repetição (60 por genótipo), em delineamento inteiramente casualizado. O ensaio foi realizado em sala climatizada (T = 26 ± 2°C, UR = 65 ± 10% e fotoperíodo = 14h).

Os insetos foram avaliados diariamente quanto aos seguintes parâmetros: duração dos instares larvais, duração total da fase larval, viabilidade larval (%), duração das fases de pré-pupa e pupa, peso de pupas (24h de idade), viabilidade pupal (%) e ciclo (lagarta-adulto). Os pesos da fase pupal foram obtidos em balança analítica (Shimadzu®, modelo ATY224). Durante as avaliações, os excrementos foram retirados, os papéis filtros trocados e os discos foliares consumidos foram fotografados para avaliação do consumo foliar.

Durante esse ensaio foi avaliado o consumo da fase larval, a fim de caracterizar e diferenciar os tipos de resistência (antixenose e antibiose). Para calcular a área restante dos discos foliares após a alimentação, utilizou-se o *software* ImageJ (Ferreira *et al.*, 2022).

1.2.4 Análise de cerosidade

Para caracterizar a camada de cera epicuticular adaxial e abaxial das folhas de couve, foram utilizados vinte discos foliares da parte central de três plantas de cada tratamento, em delineamento inteiramente casualizado. Foram utilizadas três repetições, totalizando 60 discos foliares. As amostras coletadas foram submersas separadamente em Becker (200 mL) com 50 mL de clorofórmio, previamente pesado, por 20 segundos, e agitados suavemente. As soluções obtidas (cera + clorofórmio) foram levadas para evaporação em exaustor para obtenção do resíduo sólido (cera). Após a evaporação completa, os béqueres foram novamente pesados e o teor de cera foi determinado em função da diferença de massa entre as duas medidas (Canassa *et al.*, 2020).

1.2.5 Análise de dureza foliar

A dureza das folhas foi determinada utilizando um analisador de textura CT3 (Brookfield; Middleboro, Massachusetts, EUA), calibrados para uma profundidade de penetração de 3 mm a uma velocidade de 2,0 mm s⁻¹, com uma ponta TA 9/1000. Os

resultados da medição foram expressos em gramas-força por centímetro (gf/cm^2) e representaram a força máxima necessária para o ponto entrar na folha de couve, simulando o processo pelo qual os insetos inserem suas peças bucais na folha. As avaliações foram padronizadas em delineamento inteiramente casualizado, com 5 repetições, utilizando dez pontos próximos à nervura central, nas superfícies abaxial e adaxial das folhas.

1.2.6 Análises estatísticas

Para os ensaios envolvendo a caracterização de resistência, os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F. A normalidade foi verificada através do teste de Shapiro-Wilk e a homogeneidade através do teste de Levene, utilizando-se o programa estatístico PROC UNIVARIATE SAS 9.2 (Sas, 2011). Quando verificada significância nos efeitos dos tratamentos, utilizou-se o teste de Tukey ($P < 0,05$) para a comparação das médias, usando PROC MIXED SAS 9.2 (Sas, 2011). As variáveis teor de cera, dureza foliar, consumo foliar e peso de pupas foram submetidas à análise de correlação de Pearson. Essas análises foram realizadas usando PROC CORR (Sas, 2011).

1.3 RESULTADOS

1.3.1 Ensaio de desempenho biológico

A duração média do período de desenvolvimento do primeiro instar foi significativamente maior quando os insetos foram alimentados com folhas de 32 GUA (3,69 dias), HS (3,60 dias), 12L (3,31 dias), 22 V (3,29 dias), 6 F (3,20 dias), KOBE (3,16 dias) e MGI (3,13 dias) ($F = 12,39$; $gl = 16$; $P < 0,0001$; Tabela 2). Os genótipos HS (2,61 dias), 2 B (2,34 dias), 32 GUA (2,32 dias), HI CROP (2,16 dias), 6 F (2,13 dias) e 1 A (2,13 dias) prolongaram a duração do segundo instar ($F = 6,25$; $gl = 16$; $P < 0,0001$). Para o terceiro instar, HS (2,71 dias), 8 H (2,61 dias) e 1 A (2,29 dias) provocaram as maiores durações ($F = 6,88$; $gl = 16$; $P < 0,0001$). As durações mais longas do quarto instar foram observadas para 32 GUA (3,10 dias), HS (2,56 dias) e 22 V (2,33 dias) ($F = 4,91$; $gl = 16$; $P < 0,0001$). Tratando-se do período larval, os genótipos HS (11,43 dias) e 32 GUA (10,90 dias) apresentaram os períodos mais longos ($F = 18,34$; $gl = 16$; $P < 0,0001$). A duração da fase pré-pupal não diferiu significativamente entre os genótipos ($F = 0,60$; $gl = 16$; $P = 0,8872$). O estágio pupal foi mais longo para os genótipos 8 H (5,62 dias), 9 I (5,00 dias), 20 T

(4,85 dias) e 14 N (4,75 dias), diferindo da maioria dos demais ($F = 15,73$; $gl = 16$; $P < 0,0001$). Os maiores ciclos lagarta-adulto foram observados nos genótipos HS (26,00 dias), 8 H (25,64 dias), 9 I (23,48 dias) e 22 V (23,42 dias) ($F = 15,51$; $gl = 16$; $P < 0,0001$).

Tabela 2 - Número médio (\pm EP) dos períodos de 1º, 2º, 3º e 4º instar, período larval, período pré-pupal, período pupal e ciclo lagarta-adulto de *Plutella xylostella* em 17 genótipos de couve.

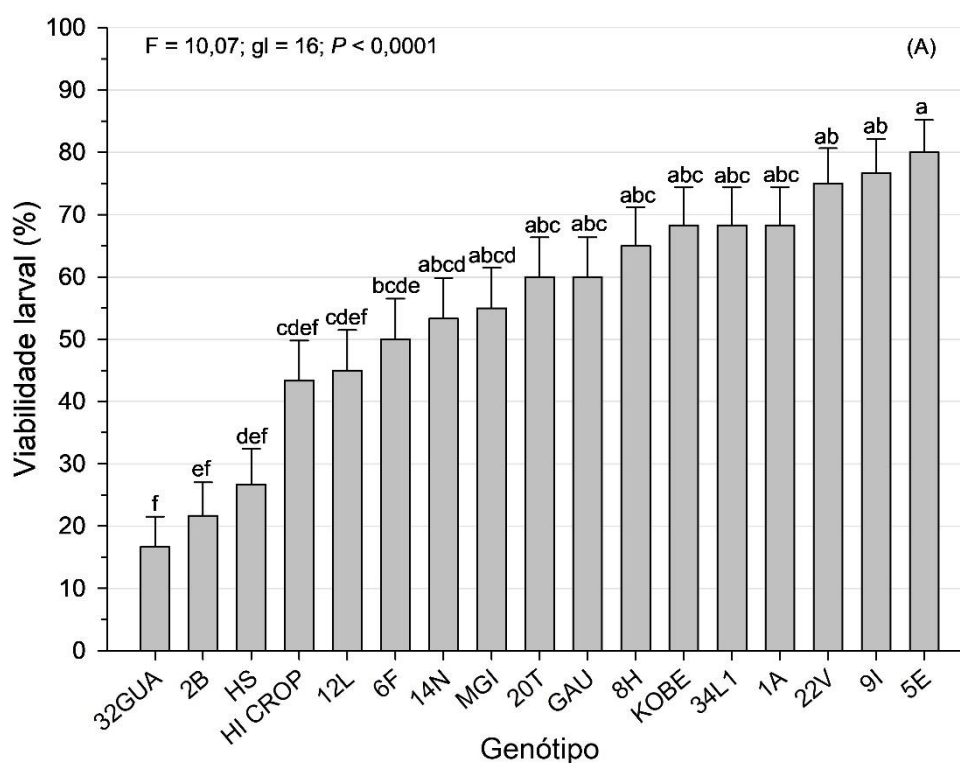
Genótipo	1º instar	2º instar	3º instar	4º instar	Período larval	Período pré-pupal	Período pupal	Ciclo lagarta-adulto
HS	3,60 \pm 0,15 ab (n = 60)	2,61 \pm 0,11 a (n = 30)	2,71 \pm 0,18 a (n = 26)	2,56 \pm 0,18 ab (n = 21)	11,43 \pm 0,26 a (n = 16)	1,00 \pm 0,00 (n = 12)	3,00 \pm 0,15 d (n = 4)	26,00 \pm 0,31 a -
8 H	3,08 \pm 0,11 bcd (n = 60)	2,06 \pm 0,10 abcd (n = 46)	2,61 \pm 0,09 a (n = 46)	2,17 \pm 0,09 bc (n = 42)	9,89 \pm 0,18 bc (n = 39)	1,00 \pm 0,00 (n = 37)	5,62 \pm 0,10 a (n = 27)	25,64 \pm 0,32 a -
9 I	3,05 \pm 0,09 bcd (n = 60)	1,84 \pm 0,10 bcd (n = 55)	1,96 \pm 0,07 bc (n = 52)	2,06 \pm 0,06 bc (n = 50)	8,84 \pm 0,16 de (n = 46)	1,05 \pm 0,02 (n = 39)	5,00 \pm 0,14 a (n = 27)	23,48 \pm 0,28 ab -
22 V	3,29 \pm 0,06 ab (n = 60)	1,85 \pm 0,08 bcd (n = 51)	1,85 \pm 0,11 bc (n = 49)	2,33 \pm 0,08 abc (n = 48)	9,11 \pm 0,14 cd (n = 45)	1,02 \pm 0,02 (n = 40)	4,14 \pm 0,07 bcd (n = 33)	23,42 \pm 0,25 ab -
6 F	3,20 \pm 0,06 abc (n = 60)	2,13 \pm 0,06 abc (n = 50)	1,70 \pm 0,08 c (n = 36)	2,23 \pm 0,07 bc (n = 34)	9,10 \pm 0,12 cd (n = 30)	1,00 \pm 0,00 (n = 29)	4,72 \pm 0,08 b (n = 22)	23,27 \pm 0,17 abc -
14 N	2,54 \pm 0,09 de (n = 60)	1,90 \pm 0,07 bcd (n = 50)	1,95 \pm 0,07 bc (n = 44)	2,21 \pm 0,07 bc (n = 41)	8,53 \pm 0,15 def (n = 33)	1,09 \pm 0,03 (n = 33)	4,75 \pm 0,11 ab (n = 33)	22,90 \pm 0,30 abc -
2 B	2,48 \pm 0,11 e (n = 60)	2,34 \pm 0,11 a (n = 52)	2,10 \pm 0,12 abc (n = 41)	2,00 \pm 0,18 bcd (n = 29)	9,00 \pm 0,32 cde (n = 13)	1,00 \pm 0,07 (n = 9)	3,50 \pm 0,34 cd (n = 6)	22,83 \pm 0,09 abcd -
1 A	3,05 \pm 0,14 bcd (n = 60)	2,13 \pm 0,13 abc (n = 56)	2,29 \pm 0,10 ab (n = 51)	2,17 \pm 0,11 bc (n = 48)	8,92 \pm 0,21 de (n = 41)	1,05 \pm 0,02 (n = 40)	4,57 \pm 0,09 bc (n = 33)	22,81 \pm 0,38 abcd -
32 GUA	3,69 \pm 0,11 a (n = 60)	2,32 \pm 0,10 ab (n = 49)	2,00 \pm 0,06 abc (n = 37)	3,10 \pm 0,11 a (n = 19)	10,90 \pm 0,23 ab (n = 10)	1,00 \pm 0,00 (n = 8)	3,50 \pm 0,09 bcd (n = 2)	22,50 \pm 0,27 abcd -
12 L	3,31 \pm 0,10 ab (n = 60)	1,64 \pm 0,06 cd (n = 44)	1,79 \pm 0,07 bc (n = 37)	1,81 \pm 0,08 cd (n = 34)	8,40 \pm 0,08 def (n = 27)	1,04 \pm 0,02 (n = 25)	4,50 \pm 0,07 bc (n = 22)	22,36 \pm 0,20 abcd -
GAU	2,72 \pm 0,08 cde (n = 60)	1,65 \pm 0,07 cd (n = 47)	2,04 \pm 0,07 abc (n = 41)	2,08 \pm 0,07 bc (n = 41)	8,25 \pm 0,08 def (n = 37)	1,00 \pm 0,00 (n = 35)	4,40 \pm 0,13 bc (n = 28)	21,85 \pm 0,17 bcd -
34 L1	3,11 \pm 0,12 bc (n = 60)	1,68 \pm 0,11 cd (n = 52)	1,71 \pm 0,07 c (n = 51)	2,12 \pm 0,10 bc (n = 46)	8,26 \pm 0,19 def (n = 41)	1,05 \pm 0,04 (n = 39)	4,71 \pm 0,08 b (n = 35)	21,61 \pm 0,23 cd -
5 E	2,37 \pm 0,08 e	1,53 \pm 0,07 d	1,81 \pm 0,05 bc	2,16 \pm 0,06 bc	7,77 \pm 0,09 ef	1,04 \pm 0,02	4,66 \pm 0,66 b	21,00 \pm 0,18 d

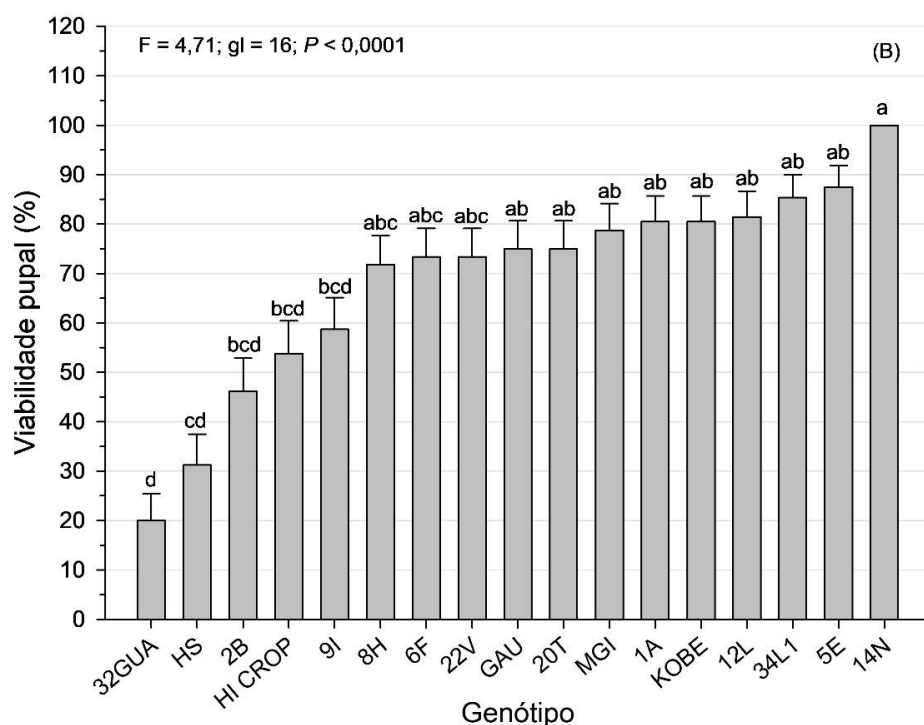
	(n = 60)	(n = 56)	(n = 52)	(n = 49)	(n = 48)	(n = 47)	(n = 42)	-
20 T	2,66 ± 0,13 cde	1,97 ± 0,07 abcd	1,74 ± 0,13 c	2,16 ± 0,07 bc	7,80 ± 0,15 ef	1,08 ± 0,06	4,85 ± 0,08 a	20,77 ± 0,23 d
	(n = 60)	(n = 45)	(n = 43)	(n = 43)	(n = 36)	(n = 34)	(n = 27)	-
HI CROP	2,27 ± 0,05 e	2,16 ± 0,08 abc	1,94 ± 0,02 bc	2,00 ± 0,06 bcd	7,92 ± 0,06 ef	1,00 ± 0,00	3,71 ± 0,06 bcd	20,42 ± 0,14 d
	(n = 60)	(n = 54)	(n = 48)	(n = 39)	(n = 26)	(n = 20)	(n = 14)	
MGI	3,13 ± 0,15 abc	1,87 ± 0,12 bcd	1,65 ± 0,06 c	1,87 ± 0,06 bcd	7,84 ± 0,14 ef	1,00 ± 0,00	3,65 ± 0,07 bcd	20,34 ± 0,33 d
	(n = 60)	(n = 45)	(n = 39)	(n = 38)	(n = 33)	(n = 27)	(n = 26)	-
KOBE	3,16 ± 0,06 abc	1,53 ± 0,08 d	1,79 ± 0,06 c	1,56 ± 0,06 d	7,68 ± 0,06 f	1,02 ± 0,02	3,69 ± 0,08 bcd	19,93 ± 0,18 d
	(n = 60)	(n = 49)	(n = 45)	(n = 43)	(n = 41)	(n = 39)	(n = 33)	-
<i>P</i>	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.8872	< 0.0001	< 0.0001

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula por coluna não diferem entre si pelo LS-Means ajustado pelo teste de Tukey ($P \geq 0,05$).

Os insetos alimentados com folhas de 32 GUA (16,67%) apresentaram os menores índices de viabilidade larval, não diferindo apenas dos genótipos 2 B (21,67%), HS (26,67%), HI CROP (43,33%) e 12 L (45,00%) ($F = 10,07$; $gl = 16$; $P < 0,0001$; Figura 1A). Quanto à viabilidade pupal, os genótipos também diferiram entre si ($F = 4,71$; $gl = 16$; $P < 0,0001$), com destaque para o genótipo 32 GUA (20,00%) e HS (31,25%) que resultaram nos menores índices de sobrevivência pupal (Figura 1B).

Figura 1 - Médias (\pm EP) de viabilidade larval (A) e viabilidade pupal (B) de *Plutella xylostella* em genótipos de couve. Médias seguidas pela mesma letra minúscula por coluna não diferem entre si pelo LS-Means ajustado pelo teste de Tukey ($P \geq 0,05$).





Com relação ao peso de pupa, constatou-se diferença significativa entre os genótipos ($F = 5,33$; $gl = 16$; $P < 0,0001$; Tabela 3). O peso médio de pupas provenientes de lagartas criadas em 8 H (3,88 mg) e 14 N (4,25 mg) apresentaram o menor peso médio.

Tabela 3 - Peso médio (\pm EP) de pupas de *Plutella xylostella* oriundas de lagartas alimentadas com diferentes genótipos de couve.

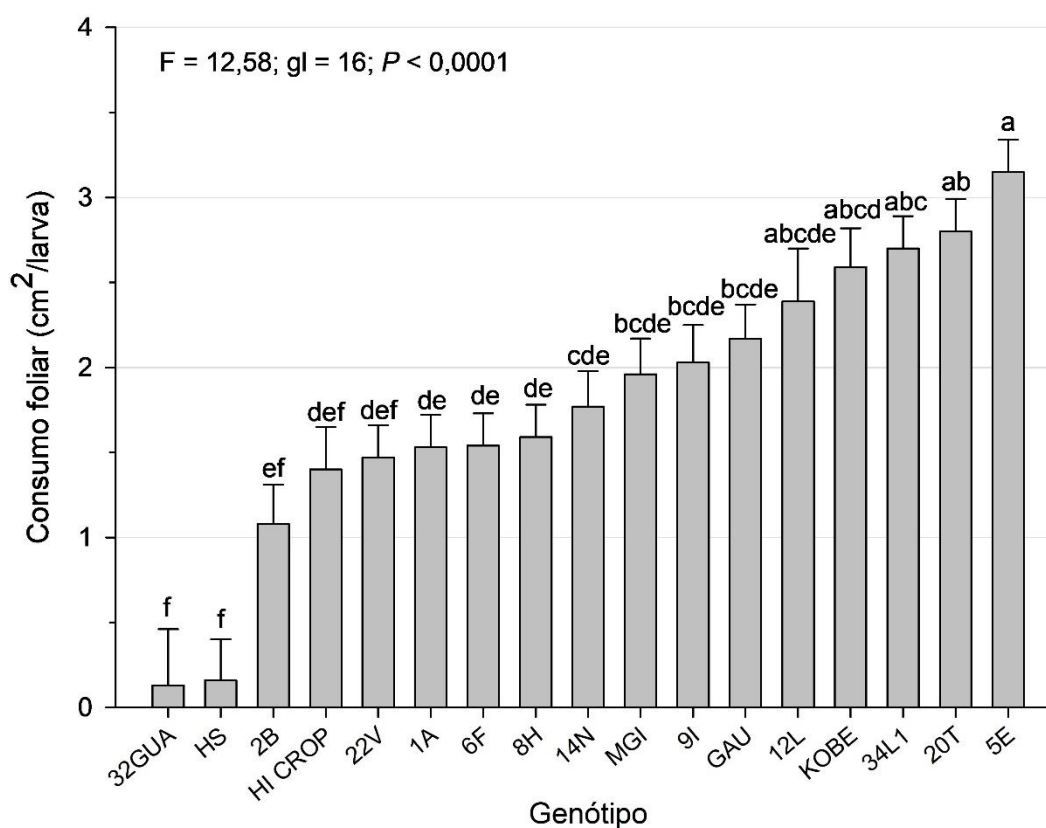
Genótipo	Peso de pupas (mg)
8 H	3,88 \pm 0,21 c
14 N	4,25 \pm 0,20 bc
HS	4,40 \pm 0,42 abc
9 I	4,45 \pm 0,20 abc
2 B	4,46 \pm 0,44 abc
20 T	4,48 \pm 0,19 abc
12 L	4,50 \pm 0,32 abc
GAU	4,58 \pm 0,22 abc
32 GUA	4,97 \pm 0,44 abc
1 A	5,09 \pm 0,21 abc
34 L1	5,11 \pm 0,21 abc
HI CROP	5,12 \pm 0,29 abc
22 V	5,21 \pm 0,23 ab
5 E	5,29 \pm 0,19 a
6 F	5,54 \pm 0,24 a
MGI	5,62 \pm 0,25 a
KOBE	5,77 \pm 0,22 a
<i>P</i>	< 0,0001

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula por coluna não diferem entre si pelo LS-Means ajustado pelo teste de Tukey ($P \geq 0,05$).

1.3.2 Consumo foliar

Diferenças significativas foram observadas para o consumo foliar total entre os genótipos ($F = 12,58$; $gl = 16$; $P < 0,0001$; Figura 2). Os genótipos 32 GUA e HS foram os menos consumidos ($< 0,20 \text{ cm}^2/\text{lagarta}$), seguidos de 2 B ($1,08 \text{ cm}^2/\text{lagarta}$), HI CROP ($1,40 \text{ cm}^2/\text{lagarta}$) e 22 V ($1,47 \text{ cm}^2/\text{lagarta}$).

Figura 2 - Consumo total de folhas (\pm EP) de larvas de *Plutella xylostella* alimentadas com folhas de genótipos de couve. O consumo total de folhas considera o total consumido pelo indivíduo até sua morte ou passagem para a fase pré-pupal. Médias seguidas pela mesma letra minúscula por coluna não diferem entre si pelo LS-Means ajustado pelo teste de Tukey ($P \geq 0,05$).



1.3.3 Dureza e cerosidade

Os genótipos 22 V ($0,0388 \text{ gf cm}^2$), 2 B ($0,0376 \text{ gf cm}^2$) e 8 H ($0,0764 \text{ gf cm}^2$) apresentaram folhas mais duras ($F = 2,84$; $gl = 14$; $P = 0,0025$; Tabela 4). O genótipo HS ($26,66 \text{ mg}$) teve a maior quantidade de cera em vinte discos foliares ($F = 3,39$; $gl = 14$; $P = 0,0025$). Em decorrência de perda de material genético, os genótipos 12 L e 9 I não foram incluídos nessas análises.

Tabela 4 - Médias (\pm EP) de dureza foliar na parte adaxial e abaxial, quantidade total de cera e quantidade de cera/vinte discos foliares (mg) obtidos de folhas apicais de quinze genótipos de couve.

Genótipo	Dureza (gf cm ²)	Cera total (mg)
22 V	0,0768 \pm 0,010 a	20,00 \pm 0,00 ab
2 B	0,0764 \pm 0,004 a	13,33 \pm 3,33 ab
8 H	0,0724 \pm 0,004 a	20,00 \pm 5,77 ab
1 A	0,0672 \pm 0,007 ab	10,00 \pm 0,00 ab
34 L1	0,0608 \pm 0,010 ab	10,00 \pm 5,77 ab
HS	0,0604 \pm 0,004 ab	13,33 \pm 3,33 ab
20 T	0,0592 \pm 0,002 ab	6,66 \pm 3,33 b
14 N	0,0584 \pm 0,005 ab	26,66 \pm 3,33 a
6 F	0,0576 \pm 0,005 ab	13,33 \pm 3,33 ab
HI CROP	0,0540 \pm 0,003 ab	10,00 \pm 0,00 ab
KOBE	0,0524 \pm 0,006 ab	3,33 \pm 3,33 b
GAU	0,0524 \pm 0,003 ab	3,33 \pm 3,33 b
5 E	0,0492 \pm 0,009 ab	20,00 \pm 5,77 ab
32 GUA	0,0464 \pm 0,006 ab	13,33 \pm 3,33 ab
MGI	0,0396 \pm 0,002 b	10,00 \pm 0,00 ab
<i>P</i>	0,0025	0,0025

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula por coluna não diferem entre si pelo LS-Means ajustado pelo teste de Tukey ($P \geq 0,05$).

1.3.4 Correlações

De acordo com os coeficientes calculados (r), as correlações foram significativas entre as interações estudadas (Tabela 5). Houve correlação negativa entre o consumo foliar total e o teor de cera superficial ($r = -0,38$; $P = 0,0088$) e o consumo foliar e a dureza ($r = -0,46$; $P < 0,0001$) das folhas dos genótipos. Além disso, a taxa de consumo foliar foi positivamente correlacionada com o peso de pupas ($r = 0,47$; $P < 0,0001$), assim como a dureza das folhas com o teor de cera das folhas ($r = 0,38$; $P = 0,0084$).

Tabela 5 - Coeficientes de correlação de Pearson (r) e probabilidades (P) entre os parâmetros de *Plutella xylostella* e características dos genótipos de couve.

Parâmetro	Coeficiente	Peso de pupas (mg)	Dureza (gf cm ²)	Cera (mg)
Consumo foliar	r	0,47	-0,46	-0,38
	P	<0,0001	<0,0001	0,0088
Peso de pupas	r	-	-	-
	P	-	-	-
Dureza (gf cm ²)	r	-	-	0,38
	P	-	-	0,0084

1.4 DISCUSSÃO

Neste estudo, avaliamos os efeitos adversos de um amplo germoplasma de *B. oleracea* var. *acephala* nos parâmetros do ciclo de vida de larvas da traça-das-crucíferas. Os resultados demonstram que os genótipos influenciaram o período larval, o ciclo lagarta-adulto, a viabilidade de larvas e pupas, o peso de pupas e o consumo foliar de *P. xylostella*.

O prolongamento da fase imatura pode ocorrer devido à ingestão de compostos nocivos geralmente encontrados em genótipos com propriedades antibióticas que inibem o desenvolvimento do inseto (Hondelmann *et al.*, 2020). Entretanto, genótipos com elevados níveis de antixenose podem igualmente causar esse efeito, seja dificultando a alimentação dos insetos por impropriedades nutricionais ou pela baixa qualidade nutricional do hospedeiro (Asmoro *et al.*, 2021). Da mesma forma, também foi possível observar períodos mais longos do ciclo lagarta-adulto para alguns genótipos. Essa alteração nas fases imaturas e no ciclo de vida são resultados de interesse para o manejo da praga, uma vez que *P. xylostella* é conhecida por seu ciclo de vida curto e grande número de gerações por ano, o que proporciona mais mutações gênicas que favorecem o desenvolvimento mais rápido de resistência aos inseticidas (Shen *et al.*, 2023). Portanto, um hospedeiro que prolongue o ciclo de vida pode desfavorecer essa característica genética e auxiliar no manejo da resistência.

Alta mortalidade foi observada nos estágios imaturos de *P. xylostella* quando alimentada com os genótipos 32 GUA, 2 B e HS. Além disso, o peso de pupa também foi significativamente afetado pelo genótipo 8 H. Alguns compostos do sistema de defesa das plantas influenciam diretamente o desenvolvimento dos insetos (Divekar *et al.*, 2022). Esses compostos podem aumentar o tempo de desenvolvimento das larvas, diminuir o peso e a viabilidade das pupas, além de reduzir a fecundidade e a fertilidade dos adultos (Wink, 2018; Walkowiak-Nowicka *et al.*, 2023). Os glucosinolatos, principais metabólitos secundários presentes nas plantas da família Brassicaceae, desempenham um papel crucial contra o ataque de insetos e patógenos (Jeschke *et al.*, 2017; Plaszkó *et al.*, 2021; Li *et al.*, 2022). Anteriormente, já haviam sido identificados elevados picos dos glucosinolatos glucobrassicinas e gluconapinas no genótipo HS (Canassa *et al.*, 2020), os quais podem exercer influência na biologia de *P. xylostella*, bem como na indução de

menor consumo foliar e menores viabilidades larval e pupal. Ademais, a diminuição do peso pupal pode estar relacionada às baixas reservas acumuladas durante a fase larval, resultantes do menor valor nutricional do alimento, a exemplo de dietas com alto teor de açúcar (Nguyen *et al.*, 2019). Como esperado, houve correlação positiva entre a taxa de consumo foliar e o peso de pupas, indicando que lagartas com menor consumo foliar dos genótipos originaram as pupas mais leves, a exemplo do genótipo 8 H, o que pode sugerir um hospedeiro pobre em proteínas (Nguyen *et al.*, 2019). Os efeitos adversos na duração do ciclo e peso de pupas podem afetar negativamente o desempenho do inseto na fase reprodutiva, diminuindo o número de cópulas, a oviposição e a fertilidade (Lee *et al.*, 2023; Santos *et al.*, 2023), o que geralmente está relacionado à manifestação de resistência.

A antixenose é uma categoria de resistência em que uma planta é relativamente menos explorada por um inseto para alimentação, oviposição ou abrigo (Painter, 1951). Nossos dados demonstram que o consumo foliar foi baixo para os genótipos 32 GUA e HS, indicando antixenose. O baixo consumo pode indicar a presença de fagodissuasores que inibem total ou parcialmente a alimentação dos insetos, a falta de um estimulante alimentar ou características morfológicas, como a presença de tricomas e o teor de cera superficial das folhas (Znidarcic; Valic; Trdan, 2008; Queiroz *et al.*, 2020). De fato, houve correlação negativa entre o consumo foliar e o teor de cera dos genótipos. Resultados anteriores evidenciaram que espécies de *Brassica* com alto teor de cera afetam negativamente o tempo de desenvolvimento, sobrevivência e a taxa de consumo foliar de larvas de *P. xylostella* (Ulmer *et al.*, 2002; Silva *et al.*, 2017). Os glucosinolatos, juntamente com alcenos, parafinas e saponinas, são os principais constituintes das ceras das folhas das espécies de *Brassica* (Spencer; Pillai; Bernays, 1999; Renwick *et al.*, 2006). Embora *P. xylostella* tenha desenvolvido mecanismos adaptativos para superar a ação dos glucosinolatos (Ratzka *et al.*, 2002; Badenes-Pérez, 2023), as saponinas presentes na cera agem como inibidores de alimentação para larvas dessa espécie (Badenes-Pérez; Gershenzon; Heckel, 2014). Esse fato pode explicar o baixo consumo foliar do genótipo HS, que possui o maior teor de cera entre os genótipos testados.

Neste estudo, foi possível observar que o alto teor de cera está positivamente relacionado com a dureza das folhas de couve e o consumo foliar está correlacionado de forma negativa com a dureza das folhas. Essa característica

morfológica também pode ter atuado como um limitante para alimentação e um fator de mortalidade para os instares larvais de *P. xylostella*, uma vez que folhas mais duras podem ocasionar danos mecânicos aos herbívoros (Caldwell; Read; Sanson, 2016). Além disso, esses atributos morfológicos são relevantes, pois plantas de *B. oleracea* com maior teor de cera e dureza, apresentam menor abundância de insetos-praga, inclusive *P. xylostella* (Kos *et al.*, 2011).

Estudos anteriores relatam resistência dos genótipos HS, 8 H, 9 I e 22 V para outras espécies de praga, como antixenose dos genótipos HS, 9 I e 22 V a *Bemisia tabaci* MEAM1 (Domingos *et al.*, 2018), antixenose do genótipo 9 I e antixenose/antibiose do genótipo 8 H a *Ascia monuste orseis* (Schlick-Souza; Baldin; Lourenção, 2011; Baldin *et al.*, 2015) e antibiose/antixenose do genótipo 8 H e antixenose do genótipo 22 V a *Brevicoryne brassicae* (Canassa *et al.*, 2021). Isso reforça a importância do emprego dessas cultivares em um programa de manejo do complexo de pragas que acometem *B. oleracea* var. *acephala*, uma vez que as plantas resistentes continuam sendo o melhor caminho para integrar o controle de diferentes insetos-praga e garantir o sucesso produtivo dos alimentos (Smith, 2021), especialmente por suas características de persistência, emprego facilitado, especificidade, efeito cumulativo, baixo custo e compatibilidade com outros métodos do MIP e menor agressividade ao meio ambiente e aos produtores (Baldin; Vendramim; Lourenção, 2019).

1.5 CONCLUSÃO

A resistência observada em determinados genótipos avaliados aumenta destaca sua relevância como possíveis fontes de controle de *P. xylostella* e outros insetos-praga. Os genótipos HS, 32 GUA, 8 H, 9 I e 22 V apresentam resistência por antixenose e/ou antibiose. Este estudo fornece informações fundamentais que podem contribuir para o desenvolvimento de estratégias de manejo dessa espécie em cultivos de couve. No futuro, novos ensaios deverão ser realizados para avaliar o processo de seleção hospedeira e colonização de *P. xylostella* nesses genótipos, bem como a identificação de fatores químicos e físicos associados à expressão da resistência.

REFERÊNCIAS

- AHMED, M. A. *et al.* Oviposition preference and two-sex life table of *Plutella xylostella* and its association with defensive enzymes in three Brassicaceae crops. **Crop Protection**, v. 151, 2022.
- APRD. **Arthropod pesticide resistance database**. Disponível em: <<https://www.pesticideresistance.org/>>. (Acesso em 21 março 2024).
- ASMORO, P. P. *et al.* Nutritional indices and feeding preference of the *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Yponomeutidae) in several Brassicaceae plants. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 948, n. 1, 2021.
- BADENES-PÉREZ, F. R. Plant glucosinolate content and host-plant preference and suitability in the small white butterfly (Lepidoptera: Pieridae) and comparison with another specialist lepidopteran. **Plants**, v. 12, n. 11, 2023.
- BADENES-PÉREZ, F. R.; GERSHENZON, J.; HECKEL, D. G. Insect attraction versus plant defense: Young leaves high in glucosinolates stimulate oviposition by a specialist herbivore despite poor larval survival due to high saponin content. **PLoS ONE**, v. 9, n. 4, p. 39–42, 2014.
- BALDIN, E. L. L.; VENDRAMIM, J. D.; LOURENÇÃO, A. L. Resistência de genótipos de tomateiro à mosca-branca *Bemisia tabaci* (Gennadius) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae). **Neotropical Entomology**, v. 34, n. 3, p. 435-441, 2005.
- BALDIN, E. L. L. *et al.* Resistance of collard greens to *Ascia monuste orseis* (Lepidoptera: Pieridae). **Arthropod-Plant Interactions**, v. 9, n. 1, p. 67–74, 2015.
- BALDIN, E. L. L.; VENDRAMIM, J. D.; LOURENÇÃO, A. L. **Resistência de Plantas a Insetos - Fundamentos e Aplicações**. Piracicaba: Fealq, 2019.
- CALDWELL, E.; READ, J.; SANSON, G. D. Which leaf mechanical traits correlate with insect herbivory among feeding guilds? **Annals of Botany**, v. 117, n. 2, p. 349–361, 2016.
- CANASSA, V. F. *et al.* Feeding behavior of *Brevicoryne brassicae* in resistant and susceptible collard greens genotypes: interactions among morphological and chemical factors. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 168, n. 3, p. 228–239, 2020.
- CANASSA, V. F. *et al.* Assessing the resistance of collard greens genotypes to the cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae*) (Hemiptera: Aphididae). **Phytoparasitica**, v. 49, n. 4, p. 633–644, 2021.
- CANTARELLA, H. *et al.* **Boletim 100: recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas, SP: Instituto Agrônomo (IAC), v. 2, 2022.
- CASTILHOS, R. V.; BRUGNARA, E. C.; NESI, C. N. Leaf consumption and

oviposition of *Palpita forficifera* (Lepidoptera: Crambidae) on different olive cultivars. **Revista Ceres**, v. 69, n. 6, p. 759–764, 2022.

CORREA, F. *et al.* Antibiosis to *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in chickpea genotypes. **Bulletin of Entomological Research**, v. 112, n. 3, p. 335–342, 2022.

DIVEKAR, P. A. *et al.* Plant secondary metabolites as defense tools against herbivores for sustainable crop protection. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 23, n. 5, 2022.

DOMINGOS, G. M. *et al.* Resistance of collard green genotypes to *Bemisia tabaci* biotype B: Characterization of antixenosis. **Neotropical Entomology**, v. 47, n. 4, p. 560–568, 2018.

EINGENBRODE, S. D.; PILLAI, S. K. Neonate *Plutella xylostella* responses to surface wax components of a resistant cabbage (*Brassica oleracea*). **Journal of Chemical Ecology**, v. 24, n. 10, 1998.

FATHIPOUR, Y. *et al.* Bottom-up effects of *Brassica* genotypes on performance of diamondback moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). **Crop Protection**, v. 115, n. October 2018, p. 135–141, 2019.

FERREIRA, E. A. *et al.* Antifeeding and oviposition deterrent effect of *Ludwigia* spp. (Onagraceae) against *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). **Plants**, v. 11, n. 19, p. 1–11, 2022.

HONDELMANN, P. *et al.* Importance of antixenosis and antibiosis resistance to the cabbage whitefly (*Aleyrodes proletella*) in brussels sprout cultivars. **Insects**, v. 11, n. 1, p. 1–16, 2020.

JAFARY-JAHED, M. *et al.* Life Table parameters and oviposition preference of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) on six brassicaceous crop plants. **Journal of Economic Entomology**, v. 112, n. 2, p. 932–938, 2019.

JESCHKE, V. *et al.* How glucosinolates affect generalist lepidopteran larvae: Growth, development and glucosinolate metabolism. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, n. November, p. 1–12, 2017.

KOS, M. *et al.* Relative importance of plant-mediated bottom-up and top-down forces on herbivore abundance on *Brassica oleracea*. **Functional Ecology**, v. 25, n. 5, p. 1113–1124, 2011.

LEE, Y. S. *et al.* Effects of host plant on the development and reproduction of *Agrotis ipsilon* (Lepidoptera: Noctuidae) on horticultural crops. **Heliyon**, v. 9, n. 7, p. 17836, 2023.

LI, X. *et al.* The effect of glucosinolates on the growth and development of *Helicoverpa armigera* larvae and the expression of midgut sulfatase genes. **Agronomy**, v. 12, n. 2, 2022.

- LI, Z. *et al.* Biology, ecology, and management of the diamondback moth in China. **Annual Review of Entomology**, v. 61, p. 277–296, 2016.
- LIMA, A. P. S. *et al.* Influence of physical and morphological factors on the preference and colonization of *Bemisia tabaci* MED in soybean genotypes. **Journal of Crop Health**, 2024.
- LIU, X. L. *et al.* The molecular basis of host selection in a crucifer-specialized moth. **Current Biology**, v. 30, n. 22, p. 4476–4482.e5, 2020.
- MACHEKANO, H.; MVUMI, B. M.; NYAMUKONDIWA, C. *Plutella xylostella* (L.): pest status, control practices, perceptions and knowledge on existing and alternative management options in arid small-scale farming environments. **International Journal of Pest Management**, v. 66, n. 1, p. 48–64, 2020.
- MORANDO, R. *et al.* Antixenosis of bean genotypes to *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae). **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 50, n. 6, p. 450–458, 2015.
- NGUYEN, B. *et al.* Interactions between ecological factors in the developmental environment modulate pupal and adult traits in a polyphagous fly. **Ecology and Evolution**, v. 9, n. 11, p. 6342–6352, 2019.
- ONGARATTO, S. *et al.* Resistance of soybean genotypes to *Anticarsia gemmatilis* (Lepidoptera: Erebidae): Antixenosis and antibiosis characterization. **Journal of Economic Entomology**, v. 114, n. 6, p. 2571–2580, 2021.
- PAINTER, R. H. **Insect Resistance in Crop Plants**. New York: The Macmillan Company, 1951.
- PETERSON, R. K. D.; VARELLA, A. C.; HIGLEY, L. G. Tolerance: The forgotten child of plant resistance. **PeerJ**, v. 2017, n. 10, p. 1–16, 2017.
- PHILIPS, C. R. *et al.* Natural history, ecology, and management of diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae), with emphasis on the United States. **Journal of Integrated Pest Management**, v. 5, n. 3, p. 1–11, 2014.
- PLASZKÓ, T. *et al.* Effects of glucosinolate-derived isothiocyanates on fungi: A comprehensive review on direct effects, mechanisms, structure-activity relationship data and possible agricultural applications. **Journal of Fungi**, v. 7, n. 7, 2021.
- QUEIROZ, E. B. *et al.* Antixenosis in soybean to *Spodoptera cosmioides* (Lepidoptera: Noctuidae) mediated by leaf color and trichome density. **Phytoparasitica**, v. 48, n. 5, p. 813–821, 2020.
- RATZKA, A. *et al.* Disarming the mustard oil bomb. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 99, n. 17, p. 11223–11228, 2002.

RENEWICK, J. A. A. *et al.* Isothiocyanates stimulating oviposition by the diamondback moth, *Plutella xylostella*. **Journal of Chemical Ecology**, v. 32, n. 4, p. 755–766, 2006.

SANTOS, A. C. C. *et al.* Alternative hosts can affect the development, reproduction, and demographic parameters of *Chrysodeixis includens*. **Arthropod-Plant Interactions**, v. 17, n. 3, p. 351–361, 2023.

SANTOS, T. L. B. *et al.* Silverleaf whitefly-resistant common beans: An investigation of antibiosis and/or antixenosis. **Bragantia**, v. 79, n. 1, p. 62–73, 2020.

SAS, I. SAS® software version 9.3, **user's manual**. 2011.

SCHLICK-SOUZA, E. C.; BALDIN, E. L. L.; LOURENÇÃO, A. L. Variation in the host preferences and responses of *Ascia monuste orseis* Godart (Lepidoptera: Pieridae) to cultivars of collard greens *Brassica oleracea* (L.) var. *acephala*. **Journal of Pest Science**, v. 84, n. 4, p. 429–436, 2011.

SCHOONHOVEN, L. M.; VAN LOON, J. J. A.; DICKE, M. **Insect-plant biology**. 2. ed. New York: Oxford University Press, 2005.

SHEN, X. J. *et al.* A comprehensive assessment of insecticide resistance mutations in source and immigrant populations of the diamondback moth *Plutella xylostella* (L.). **Pest Management Science**, v. 79, n. 2, p. 569–583, 2023.

SILVA, G. A. *et al.* Wax Removal and Diamondback Moth Performance in Collards Cultivars. **Neotropical Entomology**, v. 46, n. 5, p. 571–577, 2017.

SMITH, C. M.; CLEMENTE, S. L. Molecular bases of plant resistance to arthropods. **Annual Review of Entomology**, v. 57, p. 309–328, 2012.

SMITH, C. M. Conventional breeding of insect-resistant crop plants: still the best way to feed the world population. **Current Opinion in Insect Science**, v. 45, p. 7–13, 2021.

SPENCER, J. L.; PILLAI, S.; BERNAYS, E. A. Synergism in the oviposition behavior of *Plutella xylostella*: Sinigrin and wax compounds. **Journal of Insect Behavior**, v. 12, n. 4, p. 483–500, 1999.

TRANI, P. E. *et al.* Couve de folha: do plantio à pós-colheita. **Igarss 2014**, n. 1, p. 1–5, 2015.

ULMER, B. *et al.* Diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.), feeding and oviposition preferences on glossy and waxy *Brassica rapa* (L.) lines. **Crop Protection**, v. 21, n. 4, p. 327–331, 2002.

VALLE, G. E.; LOURENÇÃO, A. L. Resistência de genótipos de soja a *Bemisia tabaci* (Genn.) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae). **Neotropical Entomology**, v. 31, n. 2, p. 285–295, 2002.

WALKOWIAK-NOWICKA, K. *et al.* Plant secondary metabolites as potential bioinsecticides? Study of the effects of plant-derived volatile organic compounds on the reproduction and behaviour of the pest beetle *Tenebrio molitor*. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 257, n. April, 2023.

WINK, M. Plant secondary metabolites modulate insect behavior-steps toward addiction? **Frontiers in Physiology**, v. 9, n. APR, p. 1–9, 2018.

ZALUCKI, M. P. *et al.* Estimating the economic cost of one of the world's major insect pests, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae): Just how long is a piece of string? **Journal of Economic Entomology**, v. 105, n. 4, p. 1115–1129, 2012.

ZNIDARCIC, D.; VALIC, N.; TRDAN, S. Epicuticular wax content in the leaves of cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *capitata*) as a mechanical barrier against three insect pests. **Acta Agriculturae Slovenica**, v. 91, n. 2, p. 361–370, 2008.

CAPÍTULO 2

TRANSGENERATIONAL EFFECT OF DIFFERENT COLLARD GREEN GENOTYPES ON *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae)

Aline Marques Pinheiro^a, Edson Luiz Lopes Baldin^a, Vinicius Fernandes Canassa^a, Ana Clara Ribeiro do Valle Moreira^a, Alisson da Silva Santana^b, Ana Paula Santana Lima^a, André Luiz Lourenção^c, Carlos Gilberto Raetano^a

^aDepartamento de Proteção vegetal, Universidade Estadual Paulista, 18610-034, Botucatu, São Paulo, Brasil.

^bWest Central Research, Extension and Education Center, Department of Entomology, University of Nebraska-Lincoln, NE 69101, North Platte, United States.

^cDepartamento de Entomologia e Acarologia, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 13418-900, Piracicaba, São Paulo, Brasil.

Resumo: The adverse effects of intensive synthetic insecticide use present the challenge of finding pest-resistant cultivars in economically important plants. Since intrinsic characteristics of cultivars can influence the population dynamics of specialist insects, this study evaluated the fitness of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), on different genotypes of collard green (*Brassica oleraceae* var. *acephala* L.) using fertility life table parameters. Neonate larvae were reared to adulthood feeding daily on leaves from each collard green genotype. Adults originating from larvae fed on leaves from genotype 8 H had shorter lifespans compared to those fed on other genotypes. The shortest oviposition period was observed in 14 N (3.37 days), while the longest was observed in 1 A (10.10 days). Lower oviposition rates were observed on 8 H (38.3 eggs/female), 14 N (42.7 eggs/female), and 9 I (44.5 eggs/female) compared to 1 A (228.0 eggs/female). Moths reared on genotypes 8 H and 1 A exhibited the lowest (7.02 offspring per individual) and highest (69.0 offspring per individual) net reproductive rate (R_0), respectively. The lowest intrinsic rate of increase (rm) were obtained when larvae fed on genotypes 8 H (0.05 days^{-1}) and 14 N (0.07 days^{-1}). These results suggest that intrinsic characteristics of *B. oleraceae* can impact the longevity and reproductive potential of *P. xylostella*. Specifically, genotypes 32 GUA, 2 B, and HS resulted in low adult emergence, while 8 H, 9 I, 14 N, and HI CROP genotypes negatively affected the performance of this pest.

Keywords: Brassicaceae, life table, diamondback moth, plant resistance

2.1 INTRODUCTION

The diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), is a major economic pest of Brassicaceae (cruciferous) vegetables worldwide. It causes significant production losses, with annual management costs estimated at US\$ 4-5 billion (Zalucki et al. 2012).

The intensive use of synthetic insecticides creates significant selection pressure on insect populations, favoring the evolution of resistance (Troczka et al. 2012; Lin et al. 2013). Studies have shown that *P. xylostella* has developed resistance to over 100 active ingredients (APRD 2024), highlighting the need for integrated management strategies for this species. Therefore, using host plant resistance, which includes plant defenses or traits that reduce egg laying, larval feeding, and survival, can be an effective strategy to mitigate damage caused by this pest (Fathipour et al. 2019; Santos et al. 2023).

Brassicaceae plants produce secondary metabolites called glucosinolates. These compounds are toxic and/or repellent to generalist herbivores (Agrawal 2000; Luciano et al. 2015; Domingos et al. 2018) and phagostimulants for specialized insects (Cole 1997; Canassa et al. 2020). However, for specialized feeders like *P. xylostella*, these glucosinolates can act as feeding stimulants and indicators of host suitability, due to counter-adaptative mechanisms (Ratzka et al. 2002; Wittstock et al. 2004; Kazana et al. 2007; Sporer et al. 2021). On the other hand, high levels of glucosinolate byproducts can also negatively impact the development of the diamondback moth (Agerbirk et al. 2003).

Insect development is influenced by various factors, including environmental conditions, growth stage, and the type of food source (Dent and Walton 2002). Studies on host plant resistance have shown that insect development time and survival can vary considerably between different plant species and even cultivars (Ongaratto et al. 2021; Lima et al. 2024). However, survival alone is not a sufficient measure of insect-plant interaction because host effects often impact development and reproduction rates without causing death (Nikooei et al. 2015; Jafary-Jahed et al. 2019).

Life table studies are crucial for understanding insect population dynamics and informing pest management programs (Huang and Chi 2013; Steinbach et al. 2017; Yang et al. 2021). Several authors have developed various life table analysis

methods, widely used in ecological studies of insect populations (Deevey 1947; Birch 1948; Southwood 1978). These methods have been applied to investigate host preference and insect fitness (Alami et al. 2014; Naseri et al. 2014; Wei et al. 2020; Majd-Marani et al. 2023).

Therefore, to explore environmental friendly approaches to integrated pest management, this work aimed to determine and compare the fertility life table parameters of *P. xylostella* when fed with resistant and susceptible genotypes of *Brassica oleraceae* var. *acephala*.

2.2 MATERIALS AND METHODS

2.2.1 *Plutella xylostella* rearing

The insects used in the bioassays were obtained from a colony of *P. xylostella* maintained in the Plant Resistance and Insecticide Plants laboratory, São Paulo State University, under controlled conditions ($25 \pm 1^\circ\text{C}$, 12 h photoperiod, and RH $70 \pm 10\%$). These insects were originally collected from brassica plants in a conventional crop area in Pardinho, São Paulo, Brazil ($23^\circ02'28''$ S $48^\circ22'43''$ W).

The eggs and larvae were kept in plastic containers (2L) covered with organza mesh. The larvae were fed cabbage leaves from *Brassica oleracea* var. *acephala*, genotype 'Manteiga' (variety not evaluated in the study), obtained from healthy plants cultivated in a greenhouse. Pupae and adults were kept in screened cages where a 10% honey solution and collard greens leaves were available for adult feeding and female oviposition, respectively. Leaves containing eggs were used to start new rearing cycles.

2.2.2 Obtaining collard green genotypes

Initially, 17 collard green genotypes were evaluated, with wide genetic variability (Table 1). Ten genotypes were obtained from the germplasm bank of the Agronomic Institute (IAC), while the remaining genotypes were commercially obtained. Plants were cultivated in plastic pots (2.5 L) containing a 1:1:1 mixture of soil (dark red latosol), sand, and organic matter (cured cattle manure). For vegetative propagation, shoots were removed from the plants and stored in polystyrene trays with 128 cells filled with substrate to produce the required number of plants of each genotype. The pots were kept in a greenhouse free of insect infestation and received

regular irrigation, thinning, cleaning, and fertilization following recommended practices (Cantarella et al. 2022).

Table 1 - Code, names, and characteristics of collard green genotypes evaluated for resistance to *Plutella xylostella*.

Code	Genotype^a	Technical characteristics
1 A	Manteiga de Ribeirão Pires I 2620	Margin irregularly sinuous, denticulate
2 B	Manteiga I 1811	Margin irregularly sinuous, denticulate
5 E	Gigante I 915	Green petiole, purple spots
6 F	Manteiga I 916	Short petiole
8 H	Manteiga de Ribeirão Pires I 2446	Green petiole
9 I	Crespa de Capão Bonito	Prominent ribs
12 L	Manteiga de Jundiaí	Light green coloration
14 N	Manteiga São José	Asymmetrical apex
20 T	Hortolândia	Orbicular limbus
22 V	Vale das Garças	Purple ribs
32 GUA	Guaranésia	Serrated edges
34 L1	Leguminosa 1	Light green coloration
GAU	Gaudina	Dark green coloration, curly edges ^b
HI CROP	Manteiga Hi-Crop	Intense green coloration ^b
HS	Manteiga HS-20	Medium green color, smooth edges ^b
KOBE	Manteiga Kobe F1	Dark green coloration ^b
MGI	Manteiga - Isla®	Dark green coloration ^b

^aDescription according to Trani et al. (2015); ^bCompany information.

2.2.3 Development and reproduction

Development, survival, and reproductive parameters were evaluated in cohorts of *P. xylostella* fed with different collard green genotypes. The experimental design was completely randomized, with 60 replications for each genotype. Each replicate consisted of one Petri dish containing one leaf disc and one larva.

Data on biological parameters were obtained from a previous study. Neonate larvae were individually placed in a Petri dish (9.0 x 1.5 cm) containing moistened filter paper (300 μ L) and leaf discs (4.674 cm²) of the collard green genotypes. The discs were provided *ad libitum* for larval feeding. The plates were kept in a climate-controlled room (26 \pm 2°C, 65 \pm 10% relative humidity, 12-hour photoperiod) and the larvae were observed daily to determine developmental time. Data from the immature period were used to calculate the developmental time (x , in days), summing the periods of egg, larva, pre-pupa, pupa, and pre-oviposition, plus one day for daily evaluation.

After 24 hours of adult emergence, *P. xylostella* individuals were sexed. Males were identified by claspers at the end of the abdomen, while females had a tubular ovipositor (Harcourt 1957). Subsequently, ten pairs from each genotype were placed in plastic pots (700 ml) with organza mesh at the bottom and fed *ad libitum* with a 10% honey solution. *P. xylostella* adults were monitored daily until all individuals died. The following parameters were recorded: i) pre-oviposition, oviposition, and post-oviposition periods; ii) longevity of females and males; iii) numbers of eggs and neonatal larvae per female; iv) egg incubation period; and v) egg viability.

2.2.4 Life table parameters

From the survival and reproduction data of *P. xylostella*, the following parameters were calculated: x = age range, that is, the midpoint of each age for the females; l_x = survival rate (from age zero to initial age x); m_x = specific fertility (number of females produced per surviving female in the age range x); $l_x.m_x$ = total number of females born at age x .

For the fertility life table, the following parameters were calculated: net reproductive rate (R_0) (number of females added per female during her lifetime); mean generation time (T) (time between the birth of an individual and the birth of its offspring); intrinsic rate of increase (rm) (rate of population increase per unit time); finite rate of increase (λ) (number of times the population will multiply per unit of

time); time needed for the population to double in number (*TD*) (Krebs and Price 1974). The parameters were calculated using the following equations:

$$R_0 = \sum(lx.mx)$$

$$T = (\sum x.lx.mx)/R_0$$

$$rm = \ln(R_0)/T$$

$$\lambda = e^m$$

$$TD = \ln(2)/rm$$

2.2.5 Statistical analysis

Data normality was verified with the Shapiro-Wilk test, and homogeneity was verified with the Levene test. When assessing the significance of treatment effects on biological and reproductive parameters, the Tukey adjustment test ($P < 0,05$) was used for comparing the means, using the LS-means procedure in SAS 9.2 (SAS 2011).

The parameters of the fertility life table were estimated using the Jackknife technique in the statistical program SAS (Maia and Luiz 2006). These data were subjected to analysis of variance followed by the Tukey adjustment test ($P < 0,05$), using the LS-means procedure in SAS 9.2 (SAS 2011).

2.3 RESULTS

2.3.1 Longevity and sex ratio

The longevity of *P. xylostella* males and females (mean number of days from birth until death) was significantly different between collard green genotypes ($F = 6.93$; $P < 0.0001$; $gl = 13$ for males; and $F = 3.01$; $P = 0.0008$; $gl = 13$ for females; Table 2). Genotype 1 A had the greatest longevity for both sexes, (males: 24.5 days; females: 17.5 days). Male longevity was lowest in nine materials, ranging from 15.4 (22 V) to 8.5 days (KOBÉ). The shortest female longevity was observed in the KOBÉ genotype (7.5 days).

The sex ratio (proportion of females to males) varied from 36% (34 L1) to 87% (KOBÉ) (Table 2). Sex ratios for 32 GUA and HS were not calculated because these genotypes did not produce males.

Table 2 - Means (\pm SE) longevity of males and females and sex ratio of *Plutella xylostella* fed on collard greens genotypes.

Genotype	Male longevity (d)	Female longevity (d)	Sex ratio
2 B ($n = 1$)	-	-	0.83
KOBE ($n = 4$)	8.50 \pm 0.86 c	7.50 \pm 1.19 b	0.87
HI CROP ($n = 6$)	10.33 \pm 1.89 c	9.33 \pm 1.08 ab	0.73
MGI ($n = 7$)	10.85 \pm 1.05 c	10.10 \pm 1.24 ab	0.64
8 H ($n = 10$)	11.00 \pm 1.14 c	10.30 \pm 1.30 ab	0.36
12 L ($n = 10$)	11.60 \pm 2.20 c	11.10 \pm 1.96 ab	0.44
9 I ($n = 10$)	11.70 \pm 1.48 c	8.20 \pm 1.09 ab	0.45
14 N ($n = 10$)	13.40 \pm 1.58 c	12.10 \pm 1.92 ab	0.53
20 T ($n = 10$)	14.50 \pm 1.99 c	11.30 \pm 1.14 ab	0.83
22 V ($n = 10$)	15.40 \pm 0.81 c	15.50 \pm 1.91 ab	0.51
34 L1 ($n = 10$)	15.80 \pm 1.47 bc	11.40 \pm 1.18 ab	0.50
5 E ($n = 10$)	15.90 \pm 2.03 bc	14.70 \pm 1.73 ab	0.43
6 F ($n = 10$)	17.80 \pm 1.52 abc	14.00 \pm 1.54 ab	0.39
GAU ($n = 10$)	23.90 \pm 2.55 ab	13.70 \pm 1.73 ab	0.50
1 A ($n = 10$)	24.50 \pm 1.99 a	17.50 \pm 1.50 a	0.45
<i>P</i>	< 0.0001	0.0008	-

^a n = number of couples formed. Means followed by the same letter in the column do not differ by the LS Means adjusted by the Tukey Test ($p \geq 0.05$).

2.3.2 Reproductive parameters

The genotypes 2 B ($n = 1$), MGI ($n = 7$), HI CROP ($n = 6$), and KOBE ($n = 4$) resulted in fewer couples formed (Table 3). No males emerged during adults sexing for the HS and 32 GUA genotypes. Consequently, no couples were formed for the life table study. The 2 B genotype produced only one female, and therefore, a single couple was insufficient for parameter calculations.

The pre-oviposition period (ranging from 1.00 to 2.50 days) did not vary significantly among genotypes ($F = 1.03$; $P = 0.4250$; $gl = 13$) (Table 3). However, the oviposition period differed significantly between genotypes ($F = 5.61$; $P < 0.0001$; $gl = 13$), ranging from 3.37 (14 N) to 10.10 days (1 A). The pos-oviposition period was longer for 22 V (8.90) and shorter for 34 L1 (2.50) and GAU (2.40 days) ($F = 2.48$; $P = 0.0058$; $gl = 13$).

The fecundity (number of eggs per female) was also affected by the different genotypes ($F = 8.20$; $P < 0.0001$; $gl = 13$). The lowest number of eggs was observed in females emerged from larvae exposed to 8 H (38.3), 14 N (42.7), and 9 I (44.5)

genotypes. Conversely, females originating from larvae that fed on 1 A genotype exhibited the highest fecundity (228.0). This pattern was reflected in the number of larvae per female, where 8 H (32.2), 14 N (37.0) and 9 I (37.5) genotypes showed the lowest values. Although the number of larvae per female was significant, the viability of eggs was not affected by the genotypes ($F = 1.44$; $P = 0.1560$; $gl = 13$).

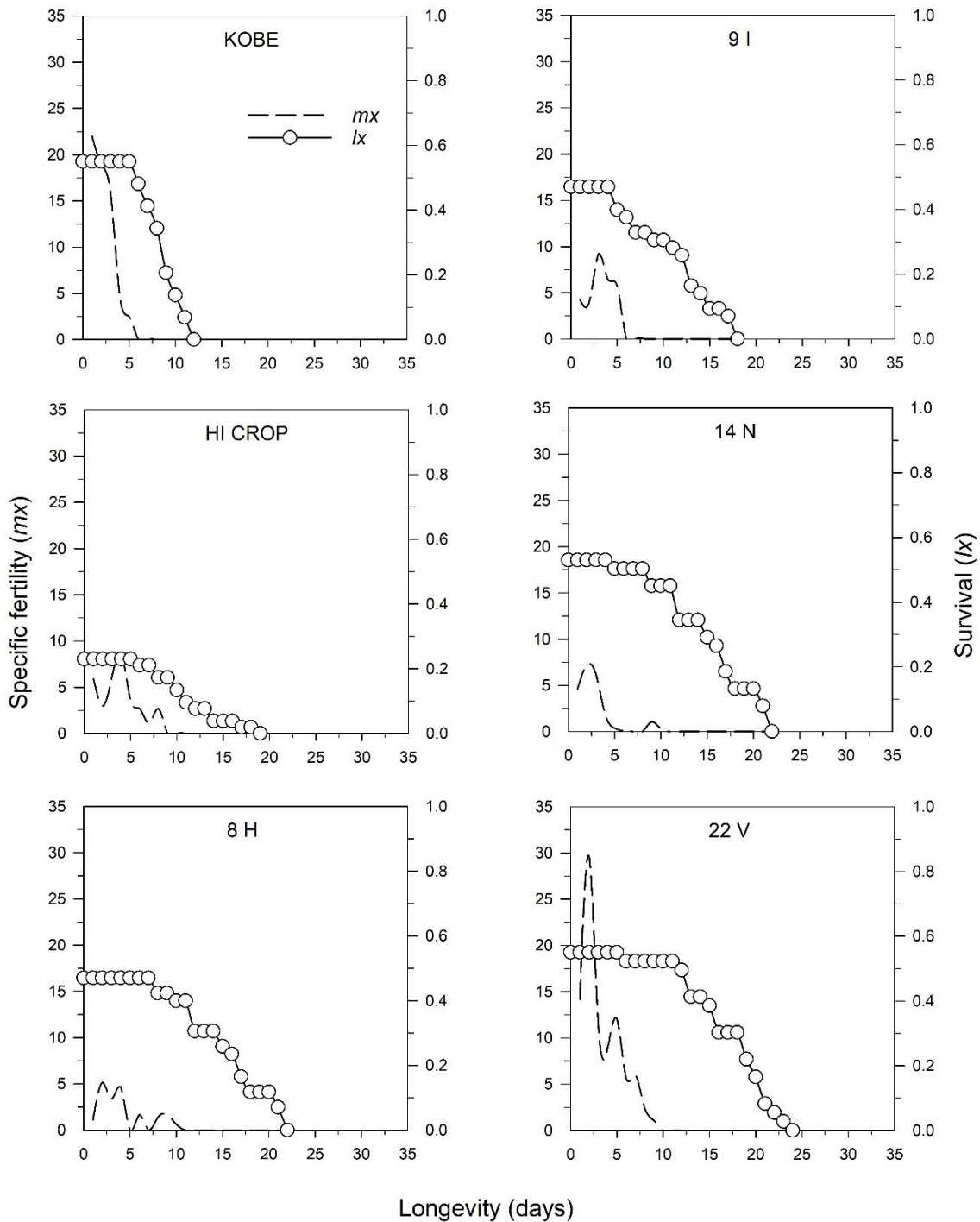
Table 3 - Means (\pm SE) of reproductive parameters of *Plutella xylostella* fed on leaves of collard green genotypes.

Genotype	Reproductive parameters					
	Pre-oviposition period (d)	Oviposition period (d)	Pos-oviposition period (d)	Number eggs/female	Number larvae/female	Egg viability (%)
8 H ($n = 10$)	2.50 \pm 0.55	3.50 \pm 0.40 bc	7.66 \pm 1.50 ab	38.30 \pm 13.93 d	32.20 \pm 11.85 d	76.70 \pm 6.87
14 N ($n = 10$)	1.85 \pm 0.58	3.37 \pm 0.82 c	8.57 \pm 1.37 ab	42.70 \pm 14.22 d	37.00 \pm 12.94 cd	71.05 \pm 10.76
9 I ($n = 10$)	1.28 \pm 0.15	3.57 \pm 0.35 bc	3.42 \pm 0.94 ab	44.50 \pm 16.50 d	37.50 \pm 14.41 cd	81.45 \pm 3.02
HI CROP ($n = 6$)	2.16 \pm 0.42	4.33 \pm 0.25 bc	3.83 \pm 0.75 ab	65.50 \pm 11.12 cd	46.30 \pm 9.86 bcd	66.84 \pm 10.06
12 L ($n = 10$)	1.28 \pm 0.15	6.57 \pm 1.09 abc	3.42 \pm 0.44 ab	78.00 \pm 28.25 cd	64.00 \pm 24.39 bcd	81.90 \pm 2.90
6 F ($n = 10$)	1.11 \pm 0.10	6.88 \pm 1.07 abc	3.88 \pm 1.16 ab	99.60 \pm 18.03 bcd	72.60 \pm 16.58 abcd	67.76 \pm 6.43
KOBE ($n = 4$)	1.00 \pm 0.00	4.25 \pm 0.15 bc	3.25 \pm 0.65 ab	127.70 \pm 16.73 abcd	98.50 \pm 12.27 abcd	77.66 \pm 2.30
20 T ($n = 10$)	1.30 \pm 0.15	6.70 \pm 0.83 abc	3.80 \pm 0.81 ab	152.40 \pm 20.41 abc	91.70 \pm 14.94 abcd	61.81 \pm 7.56
5 E ($n = 10$)	1.20 \pm 0.13	8.10 \pm 0.83 ab	5.50 \pm 2.24 ab	163.60 \pm 14.71 abc	105.40 \pm 11.37 abcd	65.42 \pm 5.41
MGI ($n = 7$)	1.00 \pm 0.00	5.83 \pm 0.54 abc	3.50 \pm 0.88 ab	120.28 \pm 27.29 abcd	60.00 \pm 19.79 bcd	49.62 \pm 6.81
GAU ($n = 10$)	1.20 \pm 0.20	9.60 \pm 1.05 a	2.40 \pm 0.74 b	173.40 \pm 20.86 abc	117.70 \pm 19.76 abc	66.93 \pm 6.56
34 L1 ($n = 10$)	1.80 \pm 0.61	7.00 \pm 0.88 abc	2.50 \pm 0.58 b	147.20 \pm 17.39 abc	119.40 \pm 15.84 ab	80.73 \pm 2.63
22 V ($n = 10$)	1.00 \pm 0.00	6.40 \pm 0.61 abc	8.90 \pm 1.64 a	179.90 \pm 26.87 ab	127.60 \pm 18.01 ab	74.42 \pm 3.67
1 A ($n = 10$)	1.80 \pm 0.80	10.10 \pm 0.84 a	5.70 \pm 1.59 ab	228.00 \pm 25.49 a	152.40 \pm 21.77 a	63.57 \pm 7.35
<i>P</i>	0.4250	< 0.0001	0.0058	< 0.0001	< 0.0001	0.1560

^a n = number of couples formed. Means followed by the same letter in the column do not differ by the LS Means adjusted by the Tukey Test ($p \geq 0.05$).

2.3.3 Demographic parameters

Females and males from larvae reared on the KOBE, HI CROP, and 9 I genotypes had shorter lifespans compared to those from other genotypes (Figure 1A e 1B). In all genotypes, the peak fertility of *P. xylostella* occurred within the first five days of life, as shown by the age effect on reproductive value in the curves.



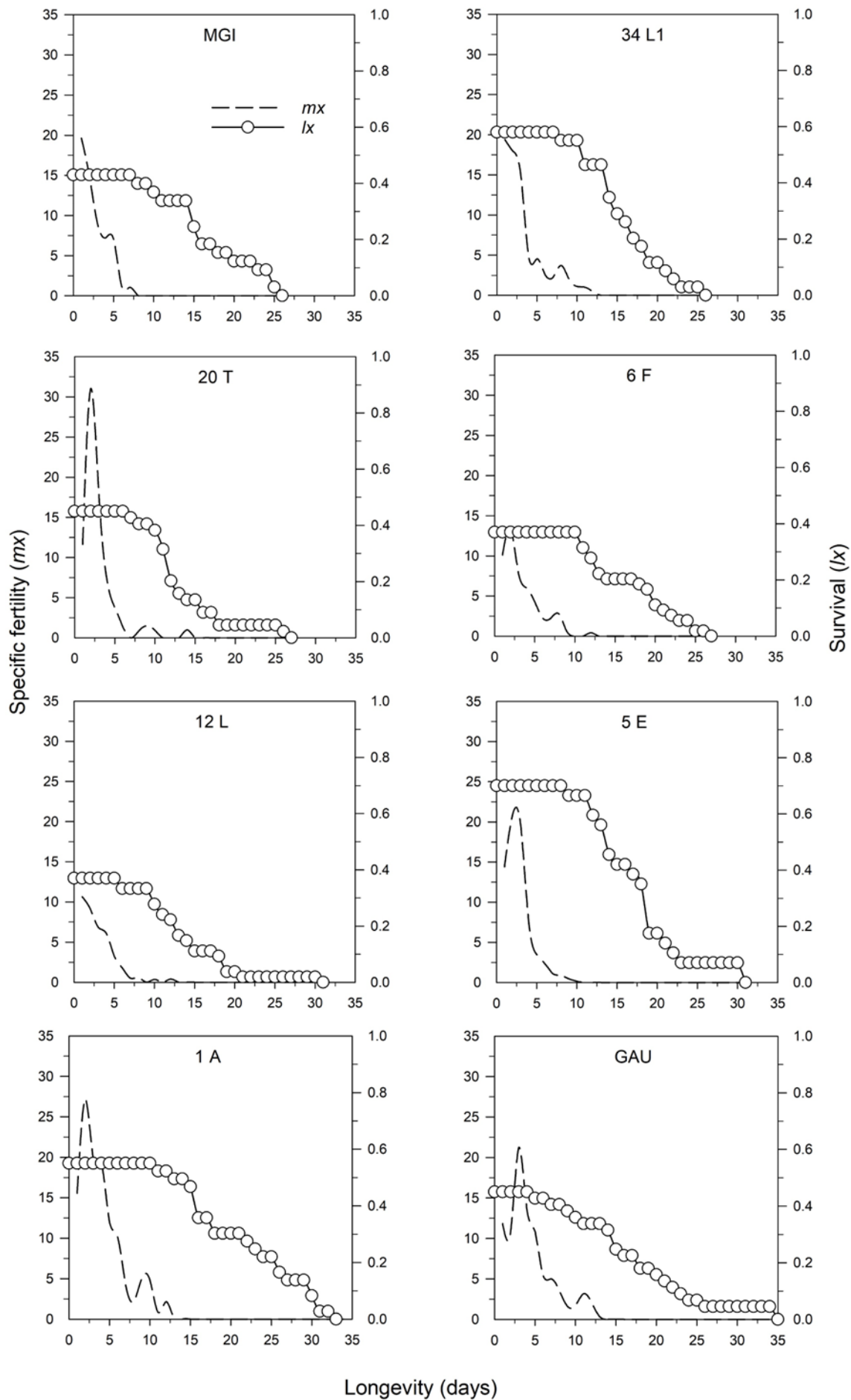


Figure 1 Specific fertility (m_x) and survival (l_x) of *Plutella xylostella* fed with different collard green genotypes.

The net reproductive rate (R_0), ranging from 69.00 offspring per individual (1 A genotype) to 7.02 (8 H genotype), varied significantly between genotypes ($F = 16.88$; $P < 0.0001$; $gl = 13$) (Table 4). The HI CROP, 14 N, and 9 I genotypes showed low R_0 values. The highest intrinsic rate of increase (rm) was found in 5 E (0.19) and KOBE (0.21) genotypes ($F = 9.84$; $P < 0.0001$; $gl = 13$) (Table 4), with the lowest rates observed in 14 N (0.07) and 8 H (0.05). Although the finite rate of increase (λ) shows significant differences ($F = 3.20$; $P = 0.0004$; $gl = 13$; Table 4), this parameter, along with rm , indicates a potential for population growth of *P. xylostella* in all genotypes. The parameters generation time (T) and time to duplication (TD) did not differ between the tested genotypes (T : $F = 1.58$; $P = 0.1026$; $gl = 13$; TD : $F = 1.20$; $P = 0.2858$; $gl = 13$).

Table 4 - Net reproductive rate (R_0), intrinsic rate of increase (rm), finite rate of increase (λ), mean generation time (T), and time to duplication (TD) of *Plutella xylostella* fed with different collard green genotypes.

Genotype	Life table parameters				
	R_0 (offspring/individual)	rm (day ⁻¹)	λ (day ⁻¹)	T (day)	TD (day)
8 H ($n = 10$)	7.02 ± 2.55 d	0.05 ± 0.01 e	0.65 ± 0.17 b	15.17 ± 4.16	6.95 ± 3.16
HI CROP ($n = 6$)	8.58 ± 1.88 cd	0.09 ± 0.01 cde	1.09 ± 0.01 ab	21.72 ± 0.84	8.18 ± 1.29
14 N ($n = 10$)	11.31 ± 3.76 cd	0.07 ± 0.02 e	0.77 ± 0.17 ab	15.71 ± 3.45	2.04 ± 1.92
9 I ($n = 10$)	13.16 ± 4.00 cd	0.08 ± 0.02 de	0.78 ± 0.17 ab	15.66 ± 3.42	4.79 ± 1.39
12 L ($n = 10$)	14.43 ± 5.22 cd	0.09 ± 0.02 de	0.79 ± 0.17 ab	14.86 ± 3.24	3.88 ± 0.92
6 F ($n = 10$)	16.58 ± 3.00 cd	0.11 ± 0.01 bcde	1.02 ± 0.11 ab	19.52 ± 2.20	4.97 ± 0.64
20 T ($n = 10$)	30.17 ± 4.04 bcd	0.15 ± 0.00 abcd	1.17 ± 0.00 a	20.69 ± 0.12	4.49 ± 0.30
34 L1 ($n = 10$)	30.73 ± 3.63 bcd	0.15 ± 0.00 abcd	1.16 ± 0.00 a	21.89 ± 0.65	4.56 ± 0.24
MGI ($n = 7$)	37.75 ± 10.23 bc	0.16 ± 0.03 abcd	1.03 ± 0.17 ab	16.24 ± 2.71	3.41 ± 0.75
22 V ($n = 10$)	44.52 ± 6.65 b	0.17 ± 0.01 abc	1.18 ± 0.01 a	20.68 ± 0.27	4.95 ± 1.19
GAU ($n = 10$)	48.93 ± 5.91 ab	0.17 ± 0.00 abc	1.19 ± 0.00 a	21.35 ± 0.26	4.03 ± 0.24
5 E ($n = 10$)	60.69 ± 5.46 ab	0.19 ± 0.00 a	1.21 ± 0.00 a	21.11 ± 0.60	3.61 ± 0.14
KOBE ($n = 4$)	61.12 ± 12.66 ab	0.21 ± 0.01 a	1.24 ± 0.01 ab	18.74 ± 0.23	3.26 ± 0.24
1 A ($n = 10$)	69.00 ± 4.37 a	0.18 ± 0.00 ab	1.20 ± 0.00 a	22.44 ± 0.34	3.69 ± 0.05
<i>P</i>	< 0.0001	< 0.0001	0.0004	0.1026	0.2858

^a n = number of couples formed. Means followed by the same letter in the column do not differ by the LS Means adjusted by the Tukey Test ($p \geq 0.05$).

2.4 DISCUSSION

The demographic parameters of insects, such as survival, development time, and reproduction, are influenced by host plants and serve as fundamental indicators to assess the adaptability of herbivorous insects to new host plants (Saeed et al. 2010; Soufbaf et al. 2010; Jaleel et al. 2019; Santos et al. 2023). Greater adaptability is shown by increased offspring survival, shorter development time, and higher fecundity (Roitberg et al. 2001; Awmack; Leather 2002).

The decision to exclude genotypes 2 B, 32 GUA, and HS from the life table study was due to the high mortality observed during the immature stages of *P. xylostella* fed on these genotypes. Throughout their evolution, plants have developed complex defenses against insect phytophagy, including the synthesis of secondary metabolites as mechanisms of chemical defense (War et al. 2012). Plants in the Brassicaceae family have specific secondary metabolites called glucosinolates, which perform a crucial role as defense compounds (Agrawal 2000; Vuorinen et al. 2004; Gols et al. 2008). Therefore, it can be assumed that differences in the concentrations of these compounds in different genotypes may have acted as a resistance factor against *P. xylostella*. A study on resistance of collard green genotypes to *Brevicoryne brassicae* (L.) (Hemiptera: Aphididae) found that HS genotype has higher levels of glucobrassicins and gluconapines, two important secondary compounds from the glucosinolate group (Canassa et al. 2020). However, while HS showed high resistance to *P. xylostella* in this study, Canassa et al. (2020) reported its high susceptibility to damage from this aphid. These results reinforce that resistance can be specific, and the same plant genotype can perform differently against various pests (Baldin et al. 2019). Additionally, activated chemical defenses tend to be more effective in deterring chewing herbivores, which cause extensive damage to plant tissues, than in deterring insects with less invasive feeding behaviors, such as sap-sucking herbivores (Pentzold et al. 2014).

Moth derived from larvae fed on leaves of 8 H, 9 I, KOBE, HI CROP, and MGI genotypes exhibited shorter lifespans, resulting in significantly fewer eggs laid. The total fecundity observed in this study ranged from 38.3 to 228.0 eggs per female, differing from previous studies on *P. xylostella* in other Brassica varieties. For example, fecundity in *Brassica rapa* ranged from 99.63 to 184.2 eggs per female (Nikooei et al. 2015), while *B. napus*, *B. oleracea* var. *capitata* and *B. oleracea* var.

botrytis resulted in 24.00 to 88.81 eggs per female (Fathipour et al. 2019). *Brassica napus* and five *B. oleracea* cultivars showed a range of 47.68 to 163.71 eggs per female in (Jafary-Jahed et al. 2019), and *B. oleracea* var. *napa*, *B. oleracea* var. *capitata* and *B. oleracea* var. *botrytis* from 198.22 to 261.90 eggs per female (Jaleel et al. 2019). Several biotic factors, intrinsic or extrinsic, can influence the fecundity of herbivorous insects. Intrinsic factors include insect size and morphology, while extrinsic factors are governed by the host plant (Dent; Walton 2002), and plant quality is the determining factor for insect fecundity (Awmack; Leather 2002). Different hosts can increase female oviposition and fecundity due to the high content of available protein for the insect, as well as the low presence of active compounds that could inhibit egg hatching (Guedes et al. 2020).

Life table studies are a crucial parameter for evaluating insect growth, development, and survival (Xu et al. 2016; Javanmard et al. 2023). R_0 and rm values greater than 1 and 0, respectively, suggest that the host may offer potential for the herbivore population's growth (Southwood; Henderson 2000). In this study, *P. xylostella* showed potential for growth in fourteen of the seventeen genotypes initially evaluated. However, a decrease in these parameters indicates that some genotypes, such as 8 H, HI CROP, 14 N, and 9 I genotypes, significantly affected the fitness of *P. xylostella*. The net reproductive rate and the intrinsic rate of increase are not the only determinants of the population increase potential, as they are also influenced by the number of eggs laid, hatched eggs, growth, and adults emergence (Sayyed et al. 2008). Changes in any of these factors can affect the rate of population increase. Considering that the finite rate of increase (λ) corresponds to the number of times the population will multiply per unit of time (Dent; Walton 2002), it can be inferred that hosts 8 H, 14 N, 9 I, and 12 L genotypes would allow for a greater number of generations. This suggest compensatory mechanism in *P. xylostella* for the lower number of offspring produced on these genotypes.

Among the investigated of collard green genotypes, 8 H, 9 I, 14 N, and HI CROP showed high resistance to *P. xylostella*. The impact on all parameters assessed in this study demonstrates that feeding a generation of *P. xylostella* on these genotypes directly influences its progeny. Over time, this could result in a decrease in the population in areas with a history of infestations by this insect. It is also important to highlight the importance of genotype 8 H in pest management strategies for brassicas, considering previous reports of its resistance through

antibiosis (Baldin et al. 2015) and antixenosis (Schlick-Souza et al. 2011) against *Ascia monuste orseis*, as well as antibiosis/antixenosis against *B. brassicae* (Canassa et al. 2021) and, now, to *P. xylostella*. Similarly, genotypes 9 I and 14 N also exhibited resistance through antibiosis against *A. monuste orseis* (Baldin et al. 2015) and *B. brassicae* (Canassa et al. 2021), respectively. Genotype 2 B exhibit evidence of resistance to *B. brassicae* (Canassa et al. 2021). However, along with 32 GUA and HS genotypes, further investigation into their potential resistance to *P. xylostella* is necessary. These genotypes limited adults emergence in the current study, limiting the assessment of female performance and full lifecycle parameters. This limitation suggests they might also negatively affect *P. xylostella* biology, but more research is needed to support this hypothesis. In contrast, genotypes 8 H, 9 I, 14 N, and HI CROP demonstrated negative impacts on all biological parameters assessed in this study. These genotypes should be prioritized for further development and deployment in regions with high infestations of *P. xylostella* due to their potential for population suppression.

2.5 CONCLUSION

A crucial element in an integrated management program is understanding resistance among different cultivars, the population growth potential of a pest, and its life history in a specific crop. This knowledge helps in monitoring pests and selecting cultivars that are more resistant to pest damage. In summary, we observed significant variations in the reproductive and demographic parameters of *P. xylostella* reared on different collard green genotypes. These variations impact population dynamics across generations and can be attributed to differences in plant defense compounds and phenology. This data is valuable for elucidating insect-plant interactions and contributes to the development of optimal management strategy.

REFERENCES

- Agerbirk N, Olsen CE, Bibby BM, Frandsen HO, Brown LD, Nielsen JK, Renwick JAA. 2003. A saponin correlated with variable resistance of *Barbarea vulgaris* to the diamondback moth *Plutella xylostella*. *J Chem Ecol.* 29(6):1417–1433. doi:<https://10.1023/A:1024217504445>.
- Agrawal AA. 2000. Specificity of Induced Resistance in Wild Radish : Causes and Consequences for Two Specialist and Two Generalist Caterpillars. *Oikos.* 89(3):493–500.
- Alami S, Naseri B, Golizadeh A, Razmjou J. 2014. Age-stage, two-sex life table of the tomato looper, *Chrysodeixis chalcites* (Lepidoptera: Noctuidae), on different bean cultivars. *Arthropod Plant Interact.* 8(5):475–484. doi:<https://10.1007/s11829-014-9330-3>.
- APRD. 2024. Arthropod pesticide resistance database. [accessed 2024 Mar 21]. <https://www.pesticideresistance.org/>.
- Awmack CS, Leather SR. 2002. Host Plant Quality and Fecundity in Herbivorous Insects. *Annu Rev Entomol.* 47(1):817–844. papers3://publication/uuid/3CB51458-7BDB-45B5-94FB-754F527A0B4F.
- Baldin ELL, Schlick-Souza EC, Lourenção AL, Camargo RS. 2015. Resistance of collard greens to *Ascia monuste orseis* (Lepidoptera: Pieridae). *Arthropod Plant Interact.* 9(1):67–74. doi:<https://10.1007/s11829-014-9344-x>.
- Baldin ELL, Vendramim JD, Lourenção AL. 2019. Resistência de Plantas a Insetos - Fundamentos e Aplicações. Piracicaba.
- Birch LC. 1948. The Intrinsic Rate of Natural Increase of an Insect Population. *J Anim Ecol.* 17(1):15. doi:<https://10.2307/1605>.
- Canassa VF, Baldin ELL, Lourenção AL, Barros DRP, Lopes NP, Sartori MMP. 2020. Feeding behavior of *Brevicoryne brassicae* in resistant and susceptible collard greens genotypes: interactions among morphological and chemical factors. *Entomol Exp Appl.* 168(3):228–239. doi:<https://10.1111/eea.12897>.
- Canassa VF, Baldin ELL, Sacilotto MG, Lourenção AL, Fanela TLM. 2021. Assessing the resistance of collard greens genotypes to the cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae*) (Hemiptera: Aphididae). *Phytoparasitica.* 49(4):633–644. doi:<https://10.1007/s12600-021-00882-3>.
- Cantarella H, Quaggio JA, Jr. DM, Boaretto RM, Raj B van. 2022. Boletim 100: recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas, SP: Instituto Agronômico (IAC).
- Deevey ESJ. 1947. Life Tables for Natural Populations of Animals. Univ Chicago Press. 22(4):283–314.
- Dent DR, Walton MP. 2002. Methods in ecological and agricultural entomology. 2nd ed. Dent DR, Walton MP, editors. CAB International.
- Domingos GM, Baldin ELL, Canassa VF, Silva IF, Lourenção AL. 2018. Resistance of Collard Green Genotypes to *Bemisia tabaci* Biotype B: Characterization of

Antixenosis. *Neotrop Entomol.* 47(4):560–568. doi:<https://10.1007/s13744-018-0588-5>.

Fathipour Y, Kianpour R, Bagheri A, Karimzadeh J, Hosseininaveh V. 2019. Bottom-up effects of *Brassica* genotypes on performance of diamondback moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). *Crop Prot.* 115(October 2018):135–141. doi:<https://10.1016/j.cropro.2018.09.020>.

Gols R, Wagenaar R, Bukovinszky T, Van Dam NM, Dicke M, Bullock JM, Harvey JA. 2008. Genetic variation in defense chemistry in wild cabbages affects herbivores and their endoparasitoids. *Ecology.* 89(6):1616–1626. doi:<https://10.1890/07-0873.1>.

Guedes CA, Teixeira VW, Dutra KA, Navarro DMAF, Cruz GS, Lapa Neto CJC, Correia AA, Sandes JM, Brayner FA, Alves LC, et al. 2020. Evaluation of *Piper marginatum* (Piperales: Piperaceae) oil and geraniol on the embryonic development of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in comparison to formulated products. *J Econ Entomol.* 113(1):239–248. doi:<https://10.1093/jee/toz300>.

Harcourt DG. 1957. Biology of the Diamondback Moth, *Plutella maculipennis* (Curt.) (Lepidoptera: Plutellidae), in Eastern Ontario. II. Life-History, Behaviour, and Host Relationships. *Can Entomol.* 89(12):554–564. doi:<https://10.4039/Ent89554-12>.

Huang YB, Chi H. 2013. Life tables of *Bactrocera cucurbitae* (Diptera: Tephritidae): With an invalidation of the jackknife technique. *J Appl Entomol.* 137(5):327–339. doi:<https://10.1111/jen.12002>.

Jafary-Jahed M, Razmjou J, Nouri-Ganbalani G, Naseri B, Hassanpour M, Leppla NC. 2019. Life Table Parameters and Oviposition Preference of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) on Six Brassicaceous Crop Plants. *J Econ Entomol.* 112(2):932–938. doi:<https://10.1093/jee/toy384>.

Jaleel W, Saeed S, Saeed Q, Naqqash MN, Sial MU, Aine QU, Yanyuan L, Rui Z, He Y, Lu L. 2019. Effects of three different cultivars of cruciferous plants on the age-stage, two-sex life table traits of *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae). *Entomol Res.* 49(4):151–157. doi:<https://10.1111/1748-5967.12270>.

Javanmard P, Jafari S, Mardani-Talaei M. 2023. The life table parameters of *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae) reared on nine rainfed barley cultivars. *J Stored Prod Res.* 104(July):102195. doi:<https://10.1016/j.jspr.2023.102195>.

Kazana E, Pope TW, Tibbles L, Bridges M, Pickett JA, Bones AM, Powell G, Rossiter JT. 2007. The cabbage aphid: A walking mustard oil bomb. *Proc R Soc B Biol Sci.* 274(1623):2271–2277. doi:<https://10.1098/rspb.2007.0237>.

Krebs CJ, Price PW. 1974. *Ecology Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance.* 6th ed.

Lima APS, Baldin ELL, Santos TLB dos, Santana A da S, Cabral IR, Pinheiro AM, Sakate RK, Lourenção AL. 2024. Influence of Physical and Morphological Factors On the Preference and Colonization of *Bemisia tabaci* MED in Soybean Genotypes. *J Crop Heal.* doi:<https://10.1007/s10343-024-00968-y>.

Lin Q, Jin F, Hu Z, Chen H, Yin F, Li Z, Dong X, Zhang D, Ren S, Feng X. 2013. Transcriptome Analysis of Chlorantraniliprole Resistance Development in the

Diamondback Moth *Plutella xylostella*. PLoS One. 8(8):1–13.
doi:<https://10.1371/journal.pone.0072314>.

Luciano N, Ligia A de P, Andre C de SA, Zulene AR, Arlindo LBJ, Flavio G de J. 2015. Antibiosis in *Ascia monuste orseis* Godart (Lepidoptera: Pieridae) caused by kale genotypes. African J Biotechnol. 14(41):2876–2882.
doi:<https://10.5897/ajb2015.14530>.

Maia ADHN, Luiz AJB. 2006. Programa SAS para análise de tabelas de vida e fertilidade de artrópodes: o método Jackknife. Embrapa Meio Ambient. 33:11p.
<http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=AGB.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=248585>.

Majd-Marani S, Naseri B, Hassanpour M, Razmjou J, Jalaeian M. 2023. Life history and life table parameters of the rice weevil, *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae) fed on 10 rice cultivars and lines in Iran. J Stored Prod Res. 102(February):102118. doi:<https://10.1016/j.jspr.2023.102118>.

Naseri B, Golparvar Z, Razmjou J, Golizadeh A. 2014. Age-stage, two-sex life table of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) on different bean cultivars. J Agric Sci Technol. 16(1):19–32.

Nikooei M, Fathipour Y, Javaran MJ, Soufbar M. 2015. How different genetically manipulated brassica genotypes affect life table parameters of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). J Econ Entomol. 108(2):515–524.
doi:<https://10.1093/jee/tov018>.

Ongaratto S, Silveira CM, Santos MC, Gorri JER, Sartori MMP, Hunt TE, Lourenção AL, Baldin ELL. 2021. Resistance of Soybean Genotypes to *Anticarsia gemmatilis* (Lepidoptera: Erebidae): Antixenosis and Antibiosis Characterization. J Econ Entomol. 114(6):2571–2580. doi:<https://10.1093/jee/toab197>.

Pentzold S, Zagrobelny M, Rook F, Bak S. 2014. How insects overcome two-component plant chemical defence: Plant β -glucosidases as the main target for herbivore adaptation. Biol Rev. 89(3):531–551. doi:<https://10.1111/brv.12066>.

Ratzka A, Vogel H, Kliebenstein DJ, Mitchell-Olds T, Kroymann J. 2002. Disarming the mustard oil bomb. Proc Natl Acad Sci U S A. 99(17):11223–11228.
doi:<https://10.1073/pnas.172112899>.

Roitberg BD, Boivin G, Vet LEM. 2001. Fitness, parasitoids, and biological control: an opinion. Can Entomol. 133:429–438.

Saeed R, Sayyed AH, Shad SA, Zaka SM. 2010. Effect of different host plants on the fitness of diamond-back moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). Crop Prot. 29(2):178–182. doi:<https://10.1016/j.cropro.2009.09.012>.

Santos ACC, Araújo APA, Dantas JO, Silva JE, Pinheiro AM, Andrade VS, Santos NC, Tavares SRSA, Blank AF, Bacci L. 2023. Alternative hosts can affect the development, reproduction, and demographic parameters of *Chrysodeixis includens*. Arthropod Plant Interact. 17(3):351–361. doi:<https://10.1007/s11829-023-09969-6>.

Sas I. 2011. SAS® software version 9.3, user's manual.

Sayyed AH, Ahmad M, Crickmore N. 2008. Fitness costs limit the development of

resistance to indoxacarb and deltamethrin in *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae). *J Econ Entomol.* 101(6):1927–1933. doi:<https://10.1603/0022-0493-101.6.1927>.

Schlick-Souza EC, Baldin ELL, Lourenção AL. 2011. Variation in the host preferences and responses of *Ascia monuste orseis* Godart (Lepidoptera: Pieridae) to cultivars of collard greens *Brassica oleracea* (L.) var. *acephala*. *J Pest Sci* (2004). 84(4):429–436. doi:<https://10.1007/s10340-011-0378-x>.

Soufbaï M, Fathipour Y, Karimzadeh J, Zalucki MP. 2010. Bottom-up effect of different host plants on *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae): A life-table study on canola. *J Econ Entomol.* 103(6):2019–2027. doi:<https://10.1603/EC10010>.

Southwood TRE. 1978. Ecological methods with particular reference to the study of insect populations. 2nd ed. Southwood TRE, editor. London: Chapman and Hall.

Southwood TRE, Henderson PA. 2000. Ecological Methods, Third Edition.

Sporer T, Körnig J, Wielsch N, Gebauer-Jung S, Reichelt M, Hupfer Y, Beran F. 2021. Hijacking the Mustard-Oil Bomb: How a Glucosinolate-Sequestering Flea Beetle Copes With Plant Myrosinases. *Front Plant Sci.* 12(May):1–13. doi:<https://10.3389/fpls.2021.645030>.

Steinbach D, Moritz G, Nauen R. 2017. Fitness costs and life table parameters of highly insecticide-resistant. *Pest Manag Sci.* doi:<https://doi:10.1002/ps.4597>.

Trani PE, Tivelli SW, Blat SF, Prella-Pantano A. 2015. Couve de folha: do plantio à pós-colheita. *Igarss* 2014.(1):1–5.

Troczka B, Zimmer CT, Elias J, Schorn C, Bass C, Davies TGE, Field LM, Williamson MS, Slater R, Nauen R. 2012. Resistance to diamide insecticides in diamondback moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) is associated with a mutation in the membrane-spanning domain of the ryanodine receptor. *Insect Biochem Mol Biol.* 42(11):873–880. doi:<https://10.1016/j.ibmb.2012.09.001>.

Vuorinen T, Reddy GVP, Nerg AM, Holopainen JK. 2004. Monoterpene and herbivore-induced emissions from cabbage plants grown at elevated atmospheric CO₂ concentration. *Atmos Environ.* 38(5):675–682. doi:<https://10.1016/j.atmosenv.2003.10.029>.

War AR, Paulraj MG, Ahmad T, Buhroo AA, Hussain B, Ignacimuthu S, Sharma HC. 2012. Mechanisms of Plant Defense against Insect Herbivores. *Plant Signal Behav.* 7(10):1306–1320.

Wei M, Chi H, Guo Y, Li X, Zhao L, Ma R. 2020. Demography of *Cacopsylla chinensis* (Hemiptera: Psyllidae) Reared on Four Cultivars of *Pyrus bretschneideri* (Rosales: Rosaceae) and *P. communis* Pears with Estimations of Confidence Intervals of Specific Life Table Statistics. *J Econ Entomol.* 113(5):2343–2353. doi:<https://10.1093/jee/toaa149>.

Wittstock U, Agerbirk N, Stauber EJ, Olsen CE, Hippler M, Mitchell-Olds T, Gershenson J, Vogel H. 2004. Successful herbivore attack due to metabolic diversion of a plant chemical defense. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 101(14):4859–4864. doi:<https://10.1073/pnas.0308007101>.

Xu C, Zhang Z, Cui K, Zhao Y, Han J, Liu F, Mu W. 2016. Effects of sublethal

concentrations of cyantraniliprole on the development, fecundity and nutritional physiology of the black cutworm *Agrotis ipsilon* (Lepidoptera: Noctuidae). PLoS One. 11(6):1–19. doi:<https://10.1371/journal.pone.0156555>.

Yang FY, Chen JH, Ruan QQ, Wang BB, Jiao L, Qiao QX, He WY, You MS. 2021. Fitness comparison of *Plutella xylostella* on original and marginal hosts using age-stage, two-sex life tables. Ecol Evol. 11(14):9765–9775. doi:<https://10.1002/ece3.7804>.

Zalucki MP, Shabbir A, Silva R, Adamson D, Liu SS, Furlong MJ. 2012. Estimating the economic cost of one of the world's major insect pests, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae): Just how long is a piece of string? J Econ Entomol. 105(4):1115–1129. doi:<https://10.1603/EC12107>.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Plantas resistentes podem afetar negativamente a performance de insetos-praga e auxiliar no Manejo Integrado de Pragas. O presente estudo identificou genótipos de couve-de-folha resistentes por antibiose e/ou antixenose a *Plutella xylostella*. Alguns genótipos reduziram a viabilidade larval da traça-das-crucíferas. A viabilidade larval foi menor nos genótipos 32 GUA, 2 B, HS, HI CROP e 12 L, indicando expressão de antibiose. De modo geral, os genótipos 32 GUA e HS foram os menos consumidos pelas larvas de *P. xylostella*, indicando expressão de antixenose por esses materiais. O peso de pupas oriundas de lagartas alimentadas com o genótipo 8 H foi reduzido significativamente, sugerindo resistência moderada.

Genótipos com maior teor de cera superficial e dureza foliar foram os menos consumidos e, conseqüentemente, geraram pupas mais leves de *P. xylostella*. O período larval foi prolongado nos genótipos HS e 32 GUA. O desenvolvimento lagarta-adulto foi prolongado nos genótipos 1 A, GAU, 6 F e 22 V. Todas essas alterações são inerentes de plantas que expressam antibiose.

Os parâmetros reprodutivos e demográficos de *P. xylostella* foram alterados por alguns genótipos. Os adultos oriundos de lagartas que se alimentaram do genótipo 14 N tiveram o menor período de oviposição. As mariposas provenientes de lagartas criadas nos genótipos 8 H, 14 N e 9 I exibiram o menor número de ovos. O genótipo 8 H ocasionou a menor taxa reprodutiva líquida dos adultos. As mariposas criadas nos genótipos 8 H e 14 N tiveram a menor taxa intrínseca de crescimento. Os genótipos 32 GUA, 2 B e HS resultaram em baixa emergência de adultos, impedindo a formação de casais para o estudo da tabela de vida. Os resultados do presente trabalho fornecem informações sobre fontes de resistência a *P. xylostella* e indicam que os genótipos possuem potencial para afetar a demografia dessa praga.

REFERÊNCIAS

- ANDREEVA, I. V; SHATALOVA, E. I. Seasonal development of the cabbage moth and its entomophages in Western Siberia. **Siberian Bulletin of Agricultural Science**, v. 3, p. 42–48, 2017.
- ANDREEVA, I. V; SHATALOVA, E. I.; KHODAKOVA, A. V. The diamondback moth *Plutella xylostella*: ecological and biological aspects, harmfulness, population control. **Plant Protection News**, v. 104, n. 1, p. 28–39, 2021.
- ANKERSMIT, G. W. DDT-Resistance in *Plutella maculipennis* (Curt.) (Lep.) in Java. **Bulletin of Entomological Research**, v. 44, n. 3, p. 421–425, 1953.
- APRD. **Arthropod pesticide resistance database**. Disponível em: <<https://www.pesticideresistance.org/>>. (Acesso em 21 mar. 2024).
- ASMORO, P. P. *et al.* Nutritional indices and feeding preference of the *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Yponomeutidae) in several Brassicaceae plants. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 948, n. 1, 2021.
- AYALEW, G. Comparison of yield loss on cabbage from Diamondback moth, *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae) using two insecticides. **Crop Protection**, v. 25, n. 9, p. 915–919, 2006.
- BALDIN, E. L. L.; VENDRAMIM, J. D.; LOURENÇÃO, A. L. **Resistência de Plantas a Insetos - Fundamentos e Aplicações**. Piracicaba: Fealq, 2019.
- BELL, L.; ORUNA-CONCHA, M. J.; DE HARO-BAILON, A. Editorial: Nutritional quality and nutraceutical properties of Brassicaceae (Cruciferae). **Frontiers in Nutrition**, v. 10, 2023.
- BONVARI, A.; HEMMATI, S. A.; SHISHEHBOR, P. Biochemical characteristics of sorghum cultivars affect life table parameters, feeding performance, and digestive enzyme activities of *Helicoverpa armigera*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, n. May 2023, p. 312–323, 2024.
- BROOKES, G. Genetically Modified (GM) Crop Use 1996–2020: Impacts on Carbon Emissions. **GM Crops and Food**, v. 13, n. 1, p. 242–261, 2022.
- CANASSA, V. F. *et al.* Feeding behavior of *Brevicoryne brassicae* in resistant and susceptible collard greens genotypes: interactions among morphological and chemical factors. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 168, n. 3, p. 228–239, 2020.
- CAPINERA, J. L. **Handbook of Vegetable Pests**. New York: Academic Press, 2001.
- CHI, H. *et al.* Age-stage, two-sex life table: An introduction to theory, data analysis, and application. **Entomologia Generalis**, v. 40, n. 2, p. 103–124, 2020.

DE BORTOLI, S. A. *et al.* *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Plutellidae): Tactics for Integrated Pest Management in Brassicaceae. **Weed and Pest Control - Conventional and New Challenges**, n. June 2014, 2013.

DOEBLEY, J. F.; GAUT, B. S.; SMITH, B. D. The Molecular Genetics of Crop Domestication. **Cell**, v. 127, n. 7, p. 1309–1321, 2006.

FELDMANN, F.; RIECKMANN, U.; WINTER, S. The spread of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* in Africa—What should be done next? **Journal of Plant Diseases and Protection**, v. 126, n. 2, p. 97–101, 2019.

FURLONG, M. J.; WRIGHT, D. J.; DOSDALL, L. M. Diamondback moth ecology and management: Problems, progress, and prospects. **Annual Review of Entomology**, v. 58, n. September, p. 517–541, 2013.

GERMAN, D. A. *et al.* An updated classification of the Brassicaceae (Cruciferae). **PhytoKeys**, v. 220, p. 127–144, 2023.

GHODJANI, Z. *et al.* Effect of different wheat cultivars on two sex life table parameters of *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera: Gelechiidae). **Journal of Stored Products Research**, v. 101, n. January, 2023.

GRIMALDI, D.; ENGEL, M. S. Evolution of the Insects. **Cambridge University Press**, v. 15, 2005.

GUO, X. *et al.* Plastome phylogeny and early diversification of Brassicaceae. **BMC Genomics**, v. 18, n. 1, p. 1–9, 2017.

HARDY, J. E. *Plutella maculipennis*, Curt., its natural and biological Control in England. **Bulletin of Entomological Research**, v. 29, n. 4, p. 343–372, 1938.

HECKEL, D. G. *et al.* Genetic mapping of resistance to *Bacillus thuringiensis* toxins in diamondback moth using biphasic linkage analysis. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 96, n. 15, p. 8373–8377, 1999.

HOPKINSON, R. F.; SOROKA, J. J. Air trajectory model applied to an in-depth diagnosis of potential diamondback moth infestations on the Canadian Prairies. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 150, n. 1, p. 1–11, 2010.

INIFAP, Instituto Nacional De Investigaciones Forestales, Agrícolas Y Pecuarias. **Producción de brócoli en el bajo**, n. 21, 2013.

JALEEL, W. *et al.* Effects of three different cultivars of cruciferous plants on the age-stage, two-sex life table traits of *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae). **Entomological Research**, v. 49, n. 4, p. 151–157, 2019.

JUNAID, M.; GOKCE, A. Global Agricultural Losses and Their Causes. **Bulletin of Biological and Allied Sciences Research**, v. 2024, n. 1, p. 66, 2024.

- KAISER, N. *et al.* The role of conventional plant breeding in ensuring safe levels of naturally occurring toxins in food crops. **Trends in Food Science and Technology**, v. 100, n. March, p. 51–66, 2020.
- LARA, F. M. **Princípios de resistência de plantas a insetos**. São Paulo: Ícone, 1991.
- LI, J. Y. *et al.* Spatio-temporal distribution patterns of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) in a fine-scale agricultural landscape based on geostatistical analysis. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, p. 1–11, 2021.
- LIMA NETO, J. E.; DA SOLIDADE RIBEIRO, L. M.; DE SIQUEIRA, H. Á. A. Inheritance and Fitness of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) Resistance to Chlorfenapyr. **Journal of Economic Entomology**, v. 114, n. 2, p. 875–884, 2021.
- LIU, S. S. *et al.* Seasonal abundance of the parasitoid complex associated with the diamondback moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) in Hangzhou, China. **Bulletin of Entomological Research**, v. 90, n. 3, p. 221–231, 2000.
- LIU, Y. *et al.* Odorant Receptor PxyLOR11 Mediates Repellency of *Plutella xylostella* to Aromatic Volatiles. **Frontiers in Physiology**, v. 13, n. July, p. 1–11, 2022.
- MACHEKANO, H.; MVUMI, B. M.; NYAMUKONDIWA, C. *Plutella xylostella* (L.): pest status, control practices, perceptions and knowledge on existing and alternative management options in arid small-scale farming environments. **International Journal of Pest Management**, v. 66, n. 1, p. 48–64, 2020.
- MARAZZI, C.; PATRIAN, B.; STÄDLER, E. Secondary metabolites of the leaf surface affected by sulphur fertilisation and perceived by the diamondback moth. **Chemoecology**, v. 14, n. 2, p. 81–86, 2004.
- MO, J. *et al.* Local dispersal of the diamondback moth (*Plutella xylostella* (L.)) (Lepidoptera: Plutellidae). **Environmental Entomology**, v. 32, n. 1, p. 71–79, 2003.
- MOHAMMAD FEIZAL, D. *et al.* Asymmetry effect of intercropping non host crops between cabbage and climatic factor on the population of the diamondback moth (*Plutella xylostella* L.) and yield. **Agriculture, Forestry and Fisheries**, v. 3, n. 3, p. 171–177, 2014.
- MOREIRA, L. F. *et al.* Diamondback moth performance and preference for leaves of *Brassica oleracea* of different ages and strata. **Journal of Applied Entomology**, v. 140, n. 8, p. 627–635, 2016.
- NAWAZ, H.; SHAD, M. A.; MUZAFFAR, S. Phytochemical Composition and Antioxidant Potential of *Brassica*. **Brassica Germplasm - Characterization, Breeding and Utilization**, 2018.
- PAINTER, R. H. **Insect Resistance in Crop Plants**. New York: The Macmillan Company, 1951.

- PAUCHET, Y. *et al.* Mapping the larval midgut lumen proteome of *Helicoverpa armigera*, a generalist herbivorous insect. **Journal of Proteome Research**, v. 7, n. 4, p. 1629–1639, 2008.
- PERRY, K. D. *et al.* Cryptic *Plutella* species show deep divergence despite the capacity to hybridize. **BMC Evolutionary Biology**, v. 18, n. 1, p. 1–17, 2018.
- PETERSON, R. K. D.; HIGLEY, L. G.; PEDIGO, L. P. Whatever happened to IPM? **American Entomologist**, v. 64, n. 3, 2018.
- PETERSON, R. K. D.; VARELLA, A. C.; HIGLEY, L. G. Tolerance: The forgotten child of plant resistance. **PeerJ**, v. 2017, n. 10, p. 1–16, 2017.
- RAND, T. A.; RICHMOND, C. E.; DOUGHERTY, E. T. Modeling the combined impacts of host plant resistance and biological control on the population dynamics of a major pest of wheat. **Pest Management Science**, v. 76, n. 8, p. 2818–2828, 2020.
- RATZKA, A. *et al.* Disarming the mustard oil bomb. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 99, n. 17, p. 11223–11228, 2002.
- REID, W. J.; CUTHBERT, F. P. Control of caterpillars on commercial cabbage and other cole crops in the South. In: **Farmers' bulletin (United States. Department of Agriculture)**. Washington, n. 2099, 1971, p. 1902–1982.
- ROBIN, A. H. K. *et al.* Glucosinolate profiles in cabbage genotypes influence the preferential feeding of diamondback moth (*Plutella xylostella*). **Frontiers in Plant Science**, v. 8, n. July, p. 1–13, 2017.
- ROSSINI, L. *et al.* Life tables in entomology: A discussion on tables' parameters and the importance of raw data. **PLoS ONE**, v. 19, n. 3 March, p. 1–23, 2024.
- SALEHI, B. *et al.* Phytotherapy and food applications from *Brassica* genus. **Phytotherapy Research**, v. 35, n. 7, p. 3590–3609, 2021.
- SALTZMANN, J. *et al.* Costs and benefits of preventive strategies to reduce pesticide use. **Landbauforschung**, v. 72, n. 1, p. 1–14, 2023.
- SANLIER, N.; GULER SABAN, M. The Benefits of *Brassica* Vegetables on Human Health. **J Human Health Res**, v. 1, n. 1, p. 104, 2018.
- SANTOLAMAZZA-CARBONE, S. *et al.* Bottom-up and top-down herbivore regulation mediated by glucosinolates in *Brassica oleracea* var. *acephala*. **Oecologia**, v. 174, n. 3, p. 893–907, 2014.
- SEIXAS, R. N. DE L.; SILVEIRA, J. M. F. J. DA; FERRARI, V. E. Assessing environmental impact of genetically modified seeds in Brazilian agriculture. **Frontiers in Bioengineering and Biotechnology**, v. 10, n. August, p. 1–14, 2022.
- SHARMA, S.; KOONER, R.; ARORA, R. Breeding insect resistant crops for

sustainable agriculture. **Breeding Insect Resistant Crops for Sustainable Agriculture**, p. 1–421, 2017.

SHEN, X. J. *et al.* A comprehensive assessment of insecticide resistance mutations in source and immigrant populations of the diamondback moth *Plutella xylostella* (L.). **Pest Management Science**, v. 79, n. 2, p. 569–583, 2023.

SILVA, G. A. *et al.* Wax Removal and Diamondback Moth Performance in Collards Cultivars. **Neotropical Entomology**, v. 46, n. 5, p. 571–577, 2017.

SIVAPRAGASAM, A. *et al.* The Management of Diamondback Moth and Other Crucifer Pests. **Proceedings of the Third International Workshop**, Melbourne, Austrália, p. 26-29, 1997.

SMITH, C. M. **Plant resistance to arthropods: Molecular and conventional approaches**. Springer, 2005.

SMITH, C. M. Conventional breeding of insect-resistant crop plants: still the best way to feed the world population. **Current Opinion in Insect Science**, v. 45, n. 1, p. 7–13, 2021.

TEIXEIRA, N. C. *et al.* Cabbage Seasonal Leaf Quality Mediating the Diamondback Moth *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Yponomeutidae) Performance. **Neotropical Entomology**, v. 42, n. 6, p. 545–551, 2013.

WANG, X. *et al.* The genome of the mesopolyploid crop species *Brassica rapa*. **Nature Genetics**, v. 43, n. 10, p. 1035–1040, 2011.

WANNER, K. W.; ROBERTSON, H. M. The gustatory receptor family in the silkworm moth *Bombyx mori* is characterized by a large expansion of a single lineage of putative bitter receptors. **Insect Molecular Biology**, v. 17, n. 6, p. 621–629, 2008.

YANG, F. Y. *et al.* Fitness comparison of *Plutella xylostella* on original and marginal hosts using age-stage, two-sex life tables. **Ecology and Evolution**, v. 11, n. 14, p. 9765–9775, 2021.

YOU, M. *et al.* A heterozygous moth genome provides insights into herbivory and detoxification. **Nature Genetics**, v. 45, n. 2, p. 220–225, 2013.

ZANDBERG, J. D. *et al.* The Global Assessment of Oilseed *Brassica* Crop Species Yield, Yield Stability and the Underlying Genetics. **Plants**, v. 11, n. 20, 2022.

ZHU, L. *et al.* Cross-resistance, fitness costs, and biochemical mechanism of laboratory-selected resistance to tenvermectin A in *Plutella xylostella*. **Pest Management Science**, v. 77, n. 6, p. 2826–2835, 2021.