

Wetenschap

Wat kan een wijngaard in 3 dagen verwoesten?

Bron: Sciencedirect – N. Monteagudo/JM Rey Benayas/J. Melter/S. Rebollo ([link](#))

*Het antwoord is niet onmiddellijk wat je zou verwachten, maar het is de spreekw.
Reden om eens een wetenschappelijk benadering van deze bedreiging te bekijken.*

Het beoordelen van de invloed van roofvogels op druivenetende vogels in een mediterrane wijngaard.

Abstract

Verschillende vogelsoorten kunnen ernstige schade toebrengen aan de druivenproductie. De rol van roofvogels als biologische bestrijders van druivenetende vogels is slecht onderzocht en wordt onvoldoende benut. We hebben kunstmatige nesten en zitstokken geplaatst om de aanwezigheid en activiteit van roofvogels in wijngaarden in Midden-Spanje te stimuleren en onderzocht hoe effectief ze zijn in het verminderen van schade aan druiven. We hebben de roofvogelpopulatie gekarakteriseerd door veldonderzoek en beoordeling van natuurlijke broedplaatsen, de abundantie van druivenetende vogels geëvalueerd en de schade aan de druivenproductie gedurende drie opeenvolgende jaren gemeten. De roofvogelpopulatie in het onderzoeksgebied was divers (13 soorten). Broeden van ornitofage soorten zoals de dwergarend (*Hieraaetus pennatus*) en de havik (*Accipiter gentilis*) werd bevestigd in de bospercelen. We hebben 10 soorten druivenetende vogels geïdentificeerd, waarvan de gevlekte spreekw (*Sturnus unicolor*) het meest voorkwam. De afstand tot de randen tussen de wijngaarden en de natuurlijke en halfnatuurlijke houtachtige vegetatie beïnvloedde de schade aan de druiven, met meer schade dicht bij de randen. De geplaatste elementen verminderden de schade aan de druiven niet significant. Houtachtige vegetatie in en rond de wijngaarden kan het succes van de geplaatste elementen verminderen doordat het beschutting biedt aan druivenetende vogels en geschikte broed- en rustplaatsen voor roofvogels creëert. Andere variabelen, zoals de oriëntatie van de wijnstokken, de bodembedekking en de afstand tot roofvogelnesten, hadden geen invloed op de schade aan de druiven. Om de bescherming van roofvogels en hun regulerende rol in dit mediterrane agroforestry-systeem te bevorderen, is meer onderzoek nodig naar methoden om de aanwezigheid van roofvogels in wijngaarden te vergroten en om de houtachtige beschutting die door druivenetende vogels rond de gewassen wordt gebruikt, te beheren.

1. Inleiding

Het is noodzakelijk om duurzame methoden voor plaagbestrijding te implementeren die geen schade toebrengen aan de biodiversiteit en ecosysteemdiensten (Pimentel, 2005; Rey Benayas et al., 2017; Tilman et al., 2002). Biodiversiteit in agrarische landschappen, met name vogels, speelt een belangrijke rol in het leveren van zowel diensten (d.w.z. input voor de productie) als nadelen (d.w.z. vermindering van de productiviteit of verhoging van de productiekosten) die de gewasproductie beïnvloeden (Sekercioglu, 2006; Zhang et al., 2007; Pejchar et al., 2018; Garcia et al., 2020; Díaz-Sieffer et al., 2021; Olimpi et al., 2022). Eerder onderzoek naar vogels als natuurlijke vijanden richtte zich voornamelijk op ongewervelde plagen (Holmes et al., 1979; Takekawa et al., 1982; Mols en Visser, 2002; Karp en Daily, 2014; Rey Benayas et al., 2017; García et al., 2018; Martínez-Núñez et al., 2021). Ondanks het bestaan van talrijke experimentele en observationele studies, blijft het vermogen

van roofvogels om landbouwplagen te reguleren slecht begrepen (Donázár et al., 2016; Sekercioglu, 2006; Monteagudo et al., 2023a).

Roofvogels kunnen de populaties van knaagdieren en vogelplagen in bepaalde gewassen verminderen. Eerder onderzoek naar roofvogels als plaagbestrijders heeft een significante afname van knaagdieren in verschillende contexten aangetoond (Muñoz-Pedreros en Murúa, 1990; Paz et al., 2013; Donázár et al., 2016; Labuschagne et al., 2016), maar weinig studies hebben zich gericht op de reductie van vogelplagen. Kross et al. (2012) concludeerden bijvoorbeeld dat de introductie van valken in wijngaarden in Nieuw-Zeeland gepaard ging met een significante afname van zangvogels en dat schade aan druiven verband hield met bepaalde kenmerken van habitats in de buurt van de wijngaarden (bijv. struiken, bomen of water). In Zuidoost-Australië toonden Peisley et al. (2017) aan dat het plaatsen van kunstmatige zitplaatsen die roofvogels aantrekken een belangrijke rol kan spelen bij het verminderen van vogelschade aan druiven en vonden ze een hogere schade aan druiven op locaties dicht bij onbeheerde vegetatie. Shave et al. (2018) toonde aan dat kunstmatige nestkasten voor roofvogels in boomgaarden in de Verenigde Staten effectief waren in het verminderen van het aantal fruitende vogels en dat elke dollar die aan nestkasten werd besteed, \$84 tot \$357 aan zoete kersen bespaarde.

Druiven behoren tot de meest geteelde fruitsoorten ter wereld (Schusterova et al., 2021), en druivenetende vogels zijn belangrijke plagen die wijngaarden aantasten (Tracey en Saunders, 2003; Kross et al., 2012). Verschillende vogelsoorten staan bekend om de schade die ze aanrichten aan druiven, waaronder de gewone spreeuw (*Sturnus unicolor*), de gewone spreeuw (*Sturnus vulgaris*), kraaiachtigen (*Corvus* en *Pica* spp.), de merel (*Turdus merula*), de zanglijster (*Turdus philomelos*) en de grote lijster (*Turdus viscivorus*) (Somers en Morris, 2002; Kross et al., 2012; Peisley et al., 2017; Chiatante, 2022). Deze soorten gedijen over het algemeen goed in overganggebieden tussen bos en gewassen en gebruiken houtachtige vegetatie als beschutting en rustplaats. Uit sommige studies is gebleken dat vogelschade in wijngaarden het meest uitgesproken is aan de randen van de wijngaard en afneemt naar het midden toe (Somers en Morris, 2002; Kross, 2016). De vlekloze spreeuw is de soort die de grootste economische verliezen veroorzaakt voor wijnbouwers in Spanje en wereldwijd vanwege zijn opportunistische dieet (Feare et al., 1992). Bovendien verzamelt hij zich tegen het einde van de zomer, wanneer de druiven rijp zijn, in grote groepen om te overnachten. Deze groepen verspreiden zich mogelijk pas aan het begin van het volgende broedseizoen (Somers en Morris, 2002).

In deze studie onderzochten we het effect van geplaatste kunstmatige nesten en zitstokken in wijngaarden in Midden-Spanje om de aanwezigheid en activiteit van ornitofage roofvogels te stimuleren. Onze beginhypothese was dat deze roofvogelsoorten zouden kunnen bijdragen aan de regulering van druivenetende vogels, waardoor de schade veroorzaakt door plaagvogels mogelijk zou worden verminderd. Onze specifieke doelstellingen waren om (1) de populatie roofvogels in de wijngaarden en hun omgeving te beoordelen; (2) de populatie druivenetende vogels die potentiële plaagdieren vormen; (3) de mate van druivenschade in relatie tot de afstand tot de geplaatste nestkasten en zitstokken; en (4) de relatie tussen verschillende factoren en druivenschade, namelijk de omringende vegetatie (bodembedekking), de afstand van de wijngaardranden tot natuurlijke of halfnatuurlijke houtachtige vegetatie en de nesten van roofvogels, en de ruimtelijke oriëntatie van de wijnstokken ten opzichte van de wijngaardranden. We hypothesiseerden dat (H1) de toename van de aanwezigheid van roofvogels door middel van kunstmatige nestkasten en zitstokken bijdraagt aan de vermindering van de populatie druivenetende vogels en de schade aan de druiven. Concreet verwachten we een hogere aanwezigheid van roofvogels (P1.1), een lagere abundantie van druivenetende vogels (P1.2) en minder schade aan druiven (P1.3) in de buurt van de geplaatste

kunstmatige nestkasten en zitstokken. We veronderstelden ook (H2) dat schade aan druiven een directe relatie heeft met de bedekking van houtachtige vegetatie rond de wijnranken en de afstand tot roofvogelnesten, en een indirecte relatie met de afstand van de wijngaardranden tot natuurlijke of halfnatuurlijke houtachtige vegetatie. Specifiek voorspelden we grotere schade aan druiven op locaties met een hogere bedekking van houtachtige vegetatie rond de wijnranken (P2.1) en nabij de randen tussen wijngaarden en natuurlijke of halfnatuurlijke houtachtige vegetatie (P2.2). Bovendien verwachtten we minder schade aan druiven op kortere afstand van roofvogelnesten (P2.3) vanwege het potentiële afschrikkende effect op druivenetende vogels. Ten slotte formuleerden we de hypothese (H3) dat de ruimtelijke oriëntatie van de wijnstokken ten opzichte van de randen van de wijngaard van invloed is en voorspelden we minder schade aan de druiven in wijnstokrijen die parallel aan de randen tussen wijngaarden en natuurlijke of halfnatuurlijke houtachtige vegetatie staan (P3.1), omdat deze opstelling de toegang van druivenetende vogels tot de wijngaarden kan belemmeren.

2. Methoden

2.1. Onderzoeksgebied

Dit onderzoek werd uitgevoerd op het landgoed Abadía Retuerta (41,61 , -4,41), gelegen in het centrum van de noordelijke helft van het Iberisch schiereiland (Fig. 1) tussen 2018 en 2020. Het landgoed heeft een totale oppervlakte van 700 ha, waarvan 200 ha bebouwd is met wijngaarden met zeven verschillende druivensoorten: Tempranillo (65,6%), Cabernet Sauvignon (15,9%), Syrah (11,3%), Sauvignon Blanc (2,64%), Merlot (2,32%), Verdejo (1,42%) en Godello (0,72%). De druiven werden geteeld met behulp van een trellisysteem met verticale scheutpositie. Rondom de wijngaarden bevonden zich plantages met steenpijnboomen (*Pinus pinea*) van verschillende leeftijden op 133 hectare, en natuurlijke mediterrane vegetatie, gedomineerd door steeneiken (*Quercus rotundifolia*), met de aanwezigheid van jeneverbessen (*Juniperus thurifera*) en Portugese eiken (*Quercus faginea*) op 172 hectare. Er was ook oeverbos (20 hectare, nabij de rivier de Douro in het noorden van het landgoed) dat gedomineerd werd door zilverpopulieren (*Populus alba*) en witte wilgen (*Salix alba*). De hoogte varieert tussen 725 en 800 meter boven zeeniveau. Het klimaat is mediterraan, met warme en droge zomers en koude winters, een gemiddelde jaartemperatuur van 12,4 °C en een gemiddelde jaarlijkse neerslag van 420 mm.

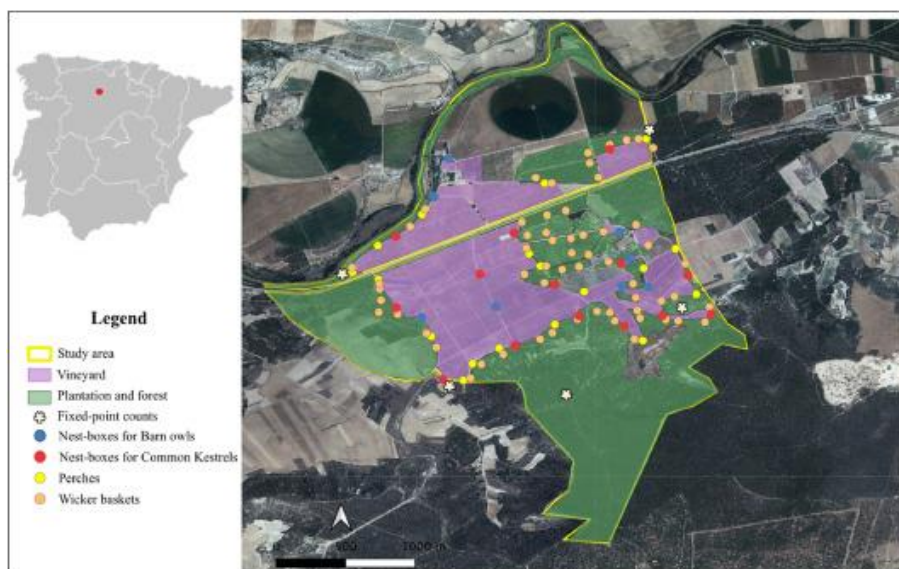


Fig. 1. Locatie en luchtfoto van landgoed Abadía Retuerta (Sardón de Duero, Valladolid, Spanje). De grenzen van het onderzoeksgebied (gele lijn) en de belangrijkste landbedekkingstypen (wijngaard, aangeplant dennenbos en mediterranea bos) zijn weergegeven. Stippen geven de locatie aan van kunstmatige elementen, namelijk nestkasten bevestigd aan houten palen voor de kerkuil (*Tyto alba*) ($n = 8$, in blauw) en de torenvalk (*Falco tinnunculus*) ($n = 14$, in rood); zitstokken voor dag- en nachtroofvogels ($n = 18$, in geel); en rieten manden voor de ransuil (*Asio otus*) ($n = 60$, in oranje); sterren geven vaste-punt tellingen aan voor het roofvogelonderzoek.

2.2. Verbetering van de roofvogelactiviteit

In 2013 en 2014 werden maatregelen genomen om de aanwezigheid en activiteit van dag- en nachtroofvogels te verbeteren. Deze maatregelen bestonden uit het plaatsen van kunstmatige nesten (nestkasten en rieten manden) en eenvoudige paalzitstokken (Fig. 1 en Fig. S1). Veertien nestkasten voor de torenvalk (*Falco tinnunculus*) en acht voor de kerkuil (*Tyto alba*), bevestigd aan houten palen op 3 meter hoogte, werden geplaatst in ($n = 2$) en aan de randen ($n = 20$) van de wijngaarden. Daarnaast plaatsten we 18 houten palen (5 meter hoog) zonder nestkasten (namelijk zitstokken) met een onderlinge afstand van minimaal 150 meter, met een maximale afstand van 846,3 meter en een gemiddelde (\pm SE) afstand van $352,2 \pm 46,1$ meter. De locatie voor de plaatsing werd zorgvuldig gekozen om verstoring van de werkzaamheden of de productie in de wijngaard te voorkomen. Om nestplaatsen te creëren voor de ransuil (*Asio otus*) en andere roofvogelsoorten zoals de torenvalk en de boomvalk (*Falco subbuteo*), werden 60 rieten manden geplaatst in de dennenplantages en enkele steeneiken dicht bij de wijngaarden (Fig. 1).

2.3. Veldonderzoek

We gebruikten twee methoden om de roofvogelpopulatie in het onderzoeksgebied te karakteriseren en zo een uitgebreid inzicht te verkrijgen in de context van de roofvogelpopulatie in de wijngaard. Ten eerste stelden we vijf vaste-punttellingen in, een methode die wordt aanbevolen voor kleine gebieden om de abundantie en soortenrijkdom te bepalen (Andersen, 2007). Deze tellingen werden strategisch geplaatst aan beide uiteinden van de wijngaard om optimale zichtbaarheid te garanderen. De tellingen werden drie keer per jaar uitgevoerd gedurende de driejarige onderzoeksperiode. Eén waarnemer registreerde alle waargenomen of gehoorde roofvogels gedurende 60 minuten tijdens de prenuptiale migratie (tussen februari en maart), het broedseizoen (tussen mei en juli) en de postnuptiale migratie (tussen augustus en oktober). Om dubbeltellingen te voorkomen en de nauwkeurigheid van de schattingen van de aantallen te verbeteren, hebben we punttellingen op verschillende tijdstippen van de dag gepland. De absolute aantallen werden gebruikt om de aanwezigheid van roofvogelsoorten in het onderzoeksgebied te beschrijven, geleid door de ecologische kenmerken en de specifieke onderzoeksdoelstellingen, zonder formele statistische gevolgtrekkingen of hypothesetoetsing uit te voeren. Ten tweede werd in 2018, tijdens het broedseizoen, een systematische en ad-hoc zoektocht naar roofvogelnesten uitgevoerd in 325 ha aan natuurlijke en aangeplante bossen rond de wijngaarden. Elk gevonden nest werd georeferentieerd en de activiteitsstatus ervan werd vastgesteld (bijv. actief: bewijs van bezetting en het leggen van eieren; inactief: geen bewijs van bezetting). Actieve en inactieve nesten werden in 2019 en 2020 opnieuw bezocht; tegelijkertijd werd gezocht naar mogelijke nieuwe nestlocaties.

Het gebruik van kunstmatige elementen werd gedurende de driejarige onderzoeksperiode gemonitord door nestkasten en zitstokken in elk seizoen te bezoeken (dus vier keer per jaar), terwijl

rieten manden alleen tijdens het broedseizoen werden bezocht. Elk kunstmatig element werd nauwkeurig geïnspecteerd om bewijs te vinden van gebruik door roofvogels als nest, schuilplaats of zitplaats, inclusief een zorgvuldige inspectie van een cirkel met een straal van 2 meter op de grond rond de basis. Braakballen, uitwerpselen en andere prooiresten van roofvogels werden in deze cirkels geteld en verzameld en in het laboratorium geanalyseerd om de prooisorten te identificeren (Marti et al., 2007). Het droge klimaat zorgde ervoor dat deze sporen tussen twee opeenvolgende bezoeken bewaard bleven.

Vruchtetende vogels die druiven aten in het onderzoeksgebied (hierna druivenetende vogels genoemd) werden geteld langs transecten van 300 m ($n = 23$). Deze transecten bevonden zich in het binnenste van de wijngaard ($n = 11$) en aan de randen van de wijngaard ($n = 8$), terwijl 4 transecten zowel het binnenste als de rand van de wijngaard overlaptten. De positie van een transect in het binnenste van de wijngaard werd niet vooraf bepaald door de afstand tot de rand. Een enkele waarnemer liep 300 m langs elk transect gedurende 10 minuten en registreerde het aantal druivenetende vogels dat werd waargenomen binnen een strook van 50 m aan weerszijden van het transect, inclusief vogels die werden aangetroffen in nabijgelegen habitats buiten de wijngaard. De tellingen werden vier keer (d.w.z. eenmaal per week) uitgevoerd in de maand voorafgaand aan de druivenoogst gedurende de driejarige onderzoeksperiode. Om dubbeltellingen te voorkomen en de nauwkeurigheid van de schattingen van de aantallen te verbeteren, werden de tellingen op verschillende tijdstippen gedurende de dag uitgevoerd, waarbij verschillende tijdsperioden per transect werden bestreken. We berekenden de Kilometrische Abundantie-index (KAI, d.w.z. de verhouding tussen het totale aantal waargenomen individuen langs een transect en de totale lengte van het transect) voor elke soort, omdat deze een gestandaardiseerde maatstaf biedt die rekening houdt met zowel de abundantie als de ruimtelijke omvang van het onderzoek, waardoor vergelijkingen tussen locaties worden vergemakkelijkt (Preatoni et al., 2012). Deze analyse werd uitgevoerd voor beschrijvende doeleinden, met als doel een uitgebreid overzicht van de populatie te geven.

We evalueerden de schade aan druiven, d.w.z. het aantal verwijderde en aangevreten druiven, met behulp van twee onafhankelijke bemonsteringsmethoden gedurende de driejarige studieperiode; deze methoden deelden geen bemonsteringseenheden. Enerzijds werd de algemene schade geëvalueerd aan de hand van 100 bemonsteringseenheden die in een regelmatig raster waren verdeeld en de 200 ha wijngaarden overlaptten (Fig. S2), met uitzondering van het jaar 2020 ($n = 97$). Deze bemonsteringslocaties werden verdeeld in twee groepen: locaties dichtbij (≤ 50 m; $n = 21$) en locaties ver weg (> 50 m, d.w.z. het binnenste van de wijngaard; $n = 79$) van de randen van de wijngaarden en de natuurlijke en halfnatuurlijke houtachtige vegetatie. Om de effectiviteit van kunstmatige elementen te evalueren, selecteerden we in 2018 13 zitplaatsen die sporen van gebruik door roofvogels vertoonden, en 13 bijbehorende controlelocaties zonder zitplaatsen op plekken met vergelijkbare omringende vegetatie (Fig. S3). Omdat we in 2018 roofvogels op vorstwerende molens zagen neerstrijken en sporen van gebruik aantreffen (braakballen, prooiresten en uitwerpselen), werden de vorstwerende molens en hun respectievelijke bijbehorende controlelocaties meegenomen in de analyse van de schade aan druiven in 2019 (twee molens) en 2020 (vier molens, waarbij één bijbehorende controlelocatie verloren ging door het verdwijnen van de wijngaard). De afstand tussen de gebruikte meetpunten en de bijbehorende controlelocaties bedroeg gemiddeld 279 ± 25 m. Schade aan druiven werd bemonsterd op 25, 50 en 75 m (hierna: bemonsteringsafstand) van de gebruikte meetpunten en de controlelocaties (hierna: meetpunt-effect). Beide bemonsteringsmethoden vonden plaats vóór de oogst, op het moment van maximale rijpheid van de druiven. Bij elke bemonsteringseenheid werd schade aan druiven bemonsterd in een loodrechte richting naar het binnenste deel van de wijngaard; we gebruikten een willekeurige getallengenerator

om te bepalen of we in de linker- of rechterrij moesten bemonsteren. De geselecteerde bemonsteringseenheid was 6 m lang en omvatte zes wijnstokken. Gedurende de drie jaar werden in totaal bijna 18.000 druiventrossen bemonsterd op schade. Om overbemonstering van beter zichtbare druiventrossen te voorkomen, telden twee waarnemers onafhankelijk van elkaar het aantal trossen, het aantal beschadigde druiven en het aantal trossen met zichtbare schade. Het gemiddelde van de tellingen van beide waarnemers werd gebruikt om de relevante waarden te schatten. Daarnaast werd het percentage trossen met beschadigde druiven berekend door het aantal trossen met schade te delen door het totale aantal bemonsterde trossen. Omdat de correlatie tussen het percentage trossen met beschadigde druiven en het aantal beschadigde druiven hoog was ($r = 0,96$; $p < 0,0001$; $n = 297$ voor de totale schade over de 100 bemonsteringspunten en $r = 0,81$; $p < 0,0001$; $n = 270$ voor schade geassocieerd met gepaarde zitplaatsen en controles), werd alleen het aantal beschadigde druiven gebruikt in de statistische analyses.

We hebben het aandeel landbedekkingstypen voor elke bemonsteringseenheid van schade aan druiven in een cirkel met een straal van 140 m gekarakteriseerd. Landbedekkingstypen werden geclassificeerd als (1) bos (inclusief zowel natuurlijk eikenbos als dennenplantages), (2) struikgewas en kruidachtige vegetatie, (3) wijngaard, (4) water, (5) gebouwen en (6) wegen en paden. We hebben een principale componentenanalyse (PCA) uitgevoerd om het aantal landbedekkingsvariabelen te reduceren en hebben drie orthogonale assen beschouwd die 91,6% van de cumulatieve variantie verklaren (Tabel S1).

2.4. Statistische analyse

De Kruskal-Wallis-test werd gebruikt om verschillen in KAI's van druivenetende vogels tussen verschillende jaren te evalueren (Kruskal en Wallis, 1952). Deze statistische test werd ook gebruikt om verschillen in schade aan druiven te testen tussen bemonsteringsafstanden van zitstokken (d.w.z. 25, 50 en 75 m), tussen bemonsteringseenheden dichtbij (≤ 50 m) en ver (> 50 m) van de wijngaardranden, en tussen verschillende jaren. Om het effect van geplaatste zitstokken op de schade aan druiven te evalueren, werd een Wilcoxon-rangtekentest uitgevoerd voor gepaarde kunstmatige zitstokken en controlelocaties (Wilcoxon, 1945). Voor elke analyse werden tests uitgevoerd met een aangepast significantieniveau van $p < 0,05$ voor elk contrast. Wanneer de verschillen significant waren, werden meervoudige vergelijkingen gecorrigeerd met de Bonferroni-test.

Om de relatie tussen voorspellende variabelen en schade aan druiven te evalueren, werden twee gegeneraliseerde lineaire gemengde modellen met een negatieve binomiale verdeling en een kwadratische parameterisering opgesteld met behulp van Template Model Builder (glmmTMB-pakket; Brooks et al., 2017). Ten eerste, om de algehele schade aan de druivenproductie in relatie tot de voorspellende variabelen te beoordelen, omvatte het model de afstand van de wijngaardrand tot natuurlijke of halfnatuurlijke houtachtige vegetatie, het jaar, de oriëntatie van de wijnstokken (d.w.z. wijnstokken parallel of loodrecht op de wijngaardranden), de afstand tot roofvogelnesten en landbedekkingstypen (orthogonale assen van de PCA) als vaste factoren en de code van de bemonsteringseenheid als willekeurige factor. Ten tweede, om het effect van kunstmatige zitplaatsen op schade aan druiven te beoordelen, omvatte het modelontwerp de afstand van de wijngaardrand tot natuurlijke of halfnatuurlijke houtachtige vegetatie, het jaar, de afstand tot roofvogelnesten, het effect van zitplaatsen (d.w.z. zitplaatsen en controlelocaties), de bemonsteringsafstand tot zitplaatsen

en de interactie tussen het effect van de zitplaatsen en de bemonsteringsafstand als vaste factoren. Daarnaast werd een steekproefeenheidcode gedefinieerd als willekeurige factor. Akaike's informatiecriterium (AIC) en AICc-verschillen (Δ_i) werden gebruikt om het effect van voorspellers in elke stap van modelselectie te evalueren (Sakamoto et al., 1986; Burnham en Anderson, 2002). De goodness-of-fit werd beoordeeld aan de hand van de determinatiecoëfficiënt R-kwadraat (R^2 ; Nakagawa en Schielzeth, 2013). Om de meest geschikte responsvariabele voor de modellen te bepalen (aantal beschadigde druiven of aantal en percentage trossen met beschadigde druiven) en om de relaties tussen voorspellende variabelen te analyseren en multicollineariteit te beoordelen, gebruikten we de niet-parametrische Spearman-correlatie en lineaire en kwadratische regressies. Daarnaast onderzochten we de correlatiematrix en voerden we een variantie-inflatieanalyse (VIF) uit om eventuele multicollineariteitsproblemen te identificeren en aan te pakken. Alle statistische analyses werden uitgevoerd met R versie 4.2.1 (R Core Team, 2022).

3. Resultaten

3.1. Roofvogelgemeenschap

In totaal werden 13 roofvogelsoorten waargenomen in de wijngaarden en het omliggende bos tijdens de vogeltellingen gedurende de drie jaar van het onderzoek. De meest voorkomende soorten waren de gier (*Gyps fulvus*, niet relevant voor dit onderzoek vanwege zijn aasetersgedrag), de dwergarend (*Hieraetus pennatus*), de buizerd (*Buteo buteo*), de zwarte wouw (*Milvus migrans*) en de rode wouw (*Milvus milvus*) (meer dan 10 waargenomen individuen; Tabel S2). Van de waargenomen soorten zijn de dwergarend, de slechtvalk (*Falco peregrinus*), de sperwer (*Accipiter nisus*) en de havik (*Accipiter gentilis*) voornamelijk vogeleeters, terwijl de steenuil (*Athene noctua*) en de torenvalk ook op druivenetende vogels kunnen jagen (Newton, 1986; García-Dios, 2016; Zuberogoitia, 2016; Orihuela-Torres et al., 2017; Rebollo et al., 2017a).

Twee broedparen dwergarenden en één broedpaar havik werden gevonden in de bospercelen nabij de wijngaard, op respectievelijk 602 m, 282 m en 337 m van de wijngaardrand. We vonden ook een broedpaar buizerds op 596 m en twee nesten van zwarte wouwen op 682 m en 190 m van de wijngaardrand. Nesten van dwergarenden en buizerds waren gedurende de drie jaar van het onderzoek actief, terwijl broeden van haviken en zwarte wouwen pas in het derde jaar van het onderzoek werd bevestigd. Daarnaast werden rond de wijngaarden 24 inactieve nesten van deze bosroofvogels gevonden, zonder bewijs van broeden.

3.2. Gebruik van kunstmatige elementen

De voortplanting van torenvalken, kerkuilen en ransuilen in de geplaatste nestkasten en -manden werd niet bevestigd. We vonden echter bewijs van gebruik door roofvogels, zoals braakballen, prooiresten (zoogdieren, vogels, reptielen en ongewervelden) en veren in 31,8% van de nestkasten in 2018 ($n = 7$ van 22 monsters). In 2019 en 2020 vertoonde slechts 9,1% van de nestkasten bewijs van gebruik ($n = 2$ van 22 monsters). Twee nestkasten werden in 2018 en 2020 gebruikt om te broeden door dwerguilen (*Otus scops*). Evenzo vonden we bewijs voor het gebruik van 44,4% van de in 2018 geplaatste zitstokken ($n = 8$ van de 18 monsters), maar slechts 5,5% van de zitstokken in 2019 en 2020 ($n = 1$ van de 18 monsters). Torenvalken, kerkuilen, buizerds en haviken werden waargenomen op kunstmatige zitstokken en een kerkuil werd aangetroffen die een nestkast gebruikte om te rusten.

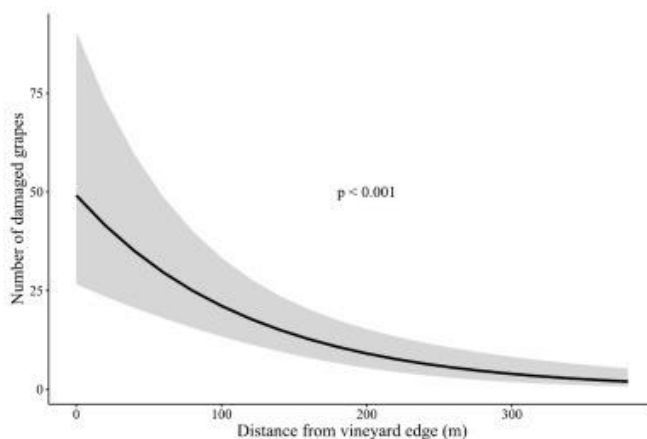
3.3. Druivenetende vogels

In totaal werden 10 soorten druivenetende vogels geïdentificeerd; Hun KAI-rangschikking was als volgt: Spreeuw zonder vlekken, Iberische ekster (*Cyanopica cooki*), Merel, Grote lijster, Zwarte kraai (*Corvus corone*), Hop (*Upupa epops*), Goudvink (*Oriolus oriolus*), Grote bonte specht (*Dendrocopos major*), Zanglijster en Groene specht (*Picus sharpei*; Tabel S3). Er was geen significant verschil in de KAI voor elk transect (d.w.z. het totale aantal individuen van alle soorten per transectlengte) gedurende de drie studie jaren (Kruskal-Wallis $\chi^2 = 0,71$, $p = 0,70$, $n = 69$). Niet alle onderzochte transecten vertoonden dezelfde abundantie van druivenetende vogels; hogere waarden werden consequent gevonden aan de randen van de wijngaard bij de Douro en bij andere randtransecten tussen de wijngaard en de eikenbossen of dennenplantages (Fig. S4).

We hebben verschillende voedingsgewoonten van vogels vastgesteld. Spreeuwen werden waargenomen in samenhangende (d.w.z. dichte en uniforme) groepen dicht bij de randen van de wijngaard. Iberische eksters foerageerden ook zeer dicht bij de randen van de wijngaard in samenhangende groepen en vervoerden zeer vaak druiven naar de omliggende natuurlijke en halfnatuurlijke houtachtige vegetatie. Merels foerageerden alleen of in paren zeer dicht bij de randen van de wijngaard en het was onduidelijk of ze de druiven binnen de wijngaard of in de nabijgelegen natuurlijke en halfnatuurlijke houtachtige vegetatie consumeerden. Grote lijsters werden ook in grote groepen waargenomen, maar verder van de randen van de wijngaard.

3.4. Schade aan druiven

Het aantal beschadigde druiven was groter in de bemonsteringspunten dicht bij de randen van de wijngaard ($146 \pm 29,4$, $n = 111$) dan in de bemonsteringspunten binnen de wijngaard ($10,5 \pm 1,99$, $n = 186$; Kruskal-Wallis $\chi^2 = 45,43$, $p < 0,0001$; Fig. S5) en verschilde niet tussen de jaren (Kruskal-Wallis $\chi^2 = 0,04$, $p = 0,98$, $n = 297$; Tabel S4). De meervoudige modelselectie die de totale schade aan druiven over de 100 bemonsteringspunten (97 in 2020) verklaarde, behield alleen de afstand tot de randen van de wijngaard als verklarende variabele (Fig. 2 en Tabel S5), wat suggereert dat het jaar, de ligging van de wijnstokken, de afstand tot roofvogelnesten en het landgebruik irrelevant waren voor de schade aan druiven. Een kleinere afstand tot de randen van de wijngaard was duidelijk geassocieerd met een groter aantal beschadigde druiven ($r = -0,38$, $p < 0,0001$, $n = 297$; $p < 0,001$); deze relatie was echter kwadratisch, met minimale schade op middellange afstanden (tussen 150 m en 200 m; Fig. S6).



Figuur 2. Voorspelde waarden (gemiddelde en 95% betrouwbaarheidsintervallen) voor het aantal beschadigde druiven in relatie tot de afstand tot de rand van de wijngaard.

Het gemiddelde aantal beschadigde druiven verschilde niet tussen de zitplaatsen en de controlelocaties, noch tussen de verschillende bemonsteringsafstanden vanaf de zitplaatsen ($p > 0,05$; Fig. S7 en S8). Wanneer alle jaren werden gecombineerd, was het aantal beschadigde druiven groter op de door roofvogels gebruikte zitplaatsen dan op de controlelocaties ($W = 5,15$, $p = 0,023$, $n = 270$; Fig. 3), maar er was geen verschil tussen de bemonsteringsafstanden (Tabel S6).

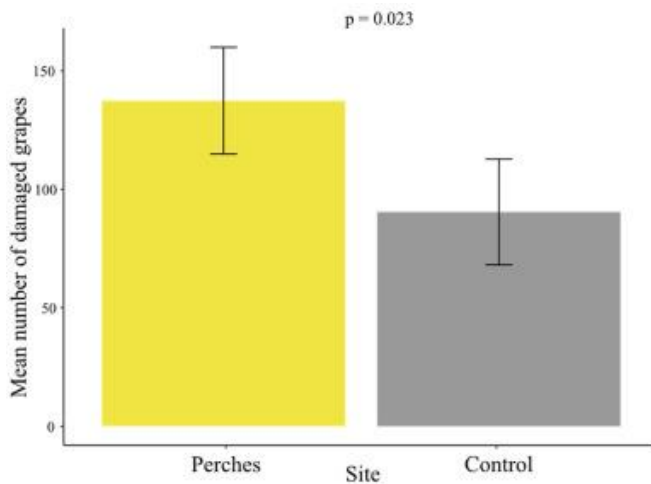
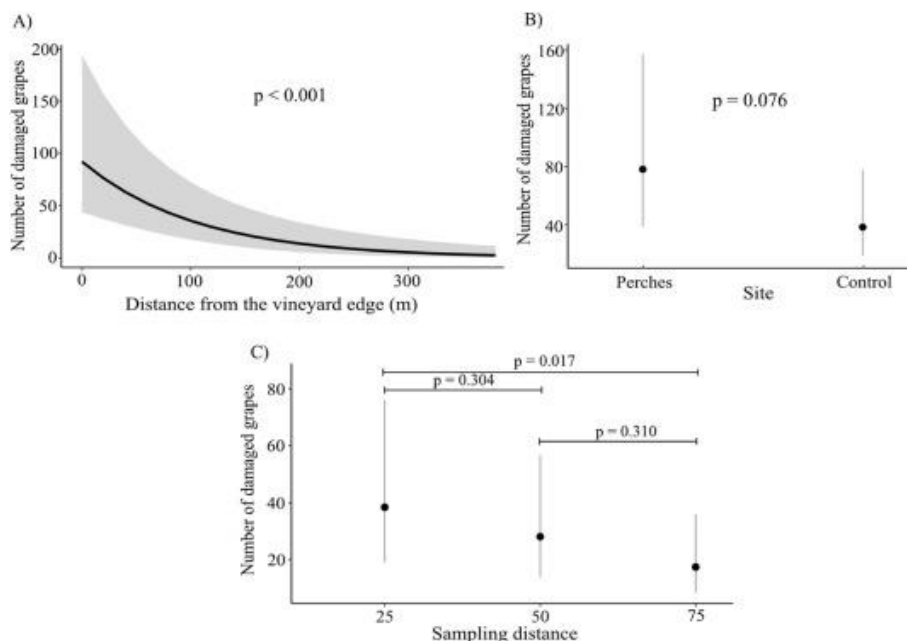


Fig. 3. Gemiddeld aantal beschadigde druiven op de gebruikte zitstokken en bijbehorende controlelocaties, wanneer alle jaren en bemonsteringsafstanden gecombineerd worden ($n = 270$). De balken geven de standaardfouten weer.

De resultaten van de gegeneraliseerde gemengde modellen om de schade aan druiven door de geïnstalleerde zitstokken en hun bijbehorende controlelocaties te verklaren, behielden drie verklarende variabelen, namelijk de afstand tot de wijngaardranden, het effect van de zitstok en de bemonsteringsafstand (Tabel S7). Dit geeft aan dat de schade aan druiven onafhankelijk was van de ruimtelijke oriëntatie van de wijnstokken, de afstand tot roofvogelnesten en de interactie tussen het effect van de zitstok en de bemonsteringsafstand. Het aantal beschadigde druiven was groter op een kleinere afstand van de wijngaardranden ($p < 0,001$; Fig. 4A en Tabel S7) en op een kleinere bemonsteringsafstand van de zitstokken en controlelocaties ($p = 0,023$; Fig. 4C en Tabel S7). Het effect van de zitstok zelf was niet significant ($p = 0,076$; Fig. 4B en Tabel S7).



Figuur 4. Voorspelde waarden voor het aantal beschadigde druiven en A) de afstand van de wijngaardrand tot natuurlijke of halfnatuurlijke houtachtige vegetatie, B) het effect van de zitstokken en C) de bemonsteringsafstand van de zitstokken en hun corresponderende controlelocaties.

4. Discussie

We hebben de rol van roofvogels als natuurlijke vijanden van druivenetende vogels en de effectiviteit van geïnstalleerde kunstmatige elementen om hun activiteit te bevorderen in een wijngaard in Midden-Spanje geëvalueerd. Over het algemeen vonden we dat de geïnstalleerde nestkasten, manden en zitstokken zelden werden gebruikt en slechts beperkt succes hadden in het bevorderen van de aanwezigheid van roofvogels in de wijngaard en de schade aan druiven niet significant verminderden. Onze resultaten ondersteunden H1 niet, die de verwachte uitkomsten in de buurt van de geïnstalleerde kunstmatige nestkasten en zitstokken voorspelde. We observeerden met name geen hogere aanwezigheid van roofvogels (P1.1), een lagere abundantie van druivenetende vogels (P1.2) noch minder schade aan druiven (P1.3) in de buurt van de geïnstalleerde elementen. Hypothese H2 werd gedeeltelijk ondersteund, aangezien er geen bewijs was voor grotere schade aan druiven op locaties met een hogere bedekking door houtachtige vegetatie (P2.1), er wel grotere schade aan druiven was nabij de randen tussen wijngaarden en natuurlijke of halfnatuurlijke houtachtige vegetatie (P2.2), en er geen lagere schade aan druiven was op kortere afstand van roofvogelnesten (P2.3). Bovendien bleek de ruimtelijke oriëntatie van de wijnstokken ten opzichte van de wijngaardranden geen significant effect te hebben op de schade aan de druiven (H3 en P3.1).

4.1. Roofvogelgemeenschap en gebruik van kunstmatige elementen

De roofvogelgemeenschap in Abadía Retuerta vertoonde een hoge diversiteit maar een lage abundantie. De aanwezigheid tijdens het broedseizoen van voornamelijk ornitofage soorten zoals de dwergarend, de slechtvalk, de sperwer en de havik in de wijngaarden en omgeving suggereert dat het onderzoeksgebied een geschikte habitat bood voor deze roofvogels en potentiële regulatoren van druivenetende vogels (Newton, 1986; García-Salgado et al., 2015; García-Dios, 2016; Zuberogoitia, 2016; Rebollo et al., 2017a). Met name de migrerende dwergarend werd geïdentificeerd als een belangrijke predator van druivenetende vogels, met een hogere dichtheid in het onderzoeksgebied (1,81 territoria/10 km²) dan de gerapporteerde dichtheid (0,7 territoria/10 km²) voor de regio Castilla y León (Palomino en Valls, 2011).

Nestkastjes, manden en zitstokken die waren geplaatst om roofvogels te bevoordelen, vertoonden enig gebruik (braakballen en uitwerpselen), in overeenstemming met andere studies (Askham, 1990; Kay et al., 1994; Sheffield et al., 2001; Machar et al., 2017; Shave et al., 2018). Er werd echter niet gebroed in de geplaatste nestkastjes en manden en het gebruik van de zitstokken was kennelijk gering (merk op dat er geen continue monitoring van de zitstokken plaatsvond). Verschillende factoren kunnen van invloed zijn geweest op het gebrek aan bezetting van nestkastjes en manden en het geringe gebruik van de zitstokken. Ten eerste kwamen de beoogde roofvogelsoorten in ons onderzoeksgebied (torenavalk, kerkuil en ransuil) in lage dichtheden voor. Ten tweede kan de aanwezigheid van nabijgelegen grote bospercelen een grote beschikbaarheid van natuurlijke nestplaatsen hebben geboden, waardoor de kunstmatige nestkastjes en manden minder aantrekkelijk waren voor broedende roofvogels. Verder kan het ontwerp, de hoogte en de onderlinge

afstand van de nestkasten en zitstokken van invloed zijn geweest op het gebruik ervan door roofvogels. Zo kan de voorkeur voor bepaalde kenmerken van de kunstmatige elementen soortspecifiek zijn en neemt de zichtbaarheid van prooi toe met de hoogte van de zitstok (Kay et al., 1994; Andersson et al., 2009; Peisley et al., 2017). Ook de plaatsing van de kunstmatige zitstokken aan de randen van de wijngaard, waar natuurlijke of halfnatuurlijke houtachtige vegetatie rondom de wijngaard geschikte zitplaatsen biedt (zoals bomen en struiken), kan roofvogels ervan hebben weerhouden de kunstmatige zitstokken te gebruiken. Het plaatsen van de kunstmatige elementen in het midden van de wijngaard zou efficiënter kunnen zijn om schade aan de druiven door directe predatie of een vermeend hoog predatierisico te verminderen (Kross et al., 2012; Peisley et al., 2017). Bovendien kan de effectiviteit van zitstokken variëren afhankelijk van de omgevingsomstandigheden, en bepaalde typen zitstokken zijn mogelijk niet geschikt voor alle roofvogels (Peisley et al., 2017). Zo zijn sperwerhaviken en haviken bosroofvogels die voornamelijk jagen door zich te verschuilen op een zitstok, waar ze onopgemerkt blijven door hun behendige prooi (vogels) om ze in een hinderlaag te lokken (Rebollo et al., 2017b). Een complexer ontwerp voor zitstokken zou wenselijk zijn, waar roofvogels zich kunnen verschuilen en snel een aanval op hun prooi kunnen uitvoeren. Ook het bevestigen van een horizontale verlenging of platform aan de palen om het neerstrijken voor roofvogels te vergemakkelijken (bijv. Peisley et al., 2017) kan het gebruik van deze zitstokken door roofvogels vergroten, en het verhogen van de zitstokken kan het gebruik en de jachtefficiëntie bevorderen (Andersson et al., 2009; Wong en Kross, 2018). Een langduriger onderzoek is wellicht nodig om de effectiviteit van de geïnstalleerde kunstmatige elementen te evalueren en om potentiële trends of patronen te identificeren die mogelijk niet aan het licht komen bij kortlopende onderzoeken.

4.2. Schade aan druiven

We veronderstelden dat nestkasten en zitstokken de aanwezigheid van roofvogels (P1.1) in de wijngaarden zouden bevorderen en zo zouden bijdragen aan de regulering van druivenetende vogels (P1.2) en de schade aan druiven zouden verminderen (P1.2). In tegenstelling tot het verwachte resultaat, bleek dat de wijnranken rond de door roofvogels gebruikte zitstokken en de bijbehorende controlewijnranken een vergelijkbare schade aan de druiven vertoonden. Bovendien was de schade aan de druiven groter op kleinere afstanden van de zitstokken, wat mogelijk te wijten is aan het overheersende effect van de afstand tot de randen van de wijngaard (zie hieronder), waardoor de aanwezigheid van kunstmatige elementen verwaarloosbaar wordt (Reinert, 1984; Peisley et al., 2017). Daarnaast werd waargenomen dat roofvogels neerstreken op hogere constructies (bijv. vorstwerende molens >5 m hoog) en dat ze de voorkeur lijken te geven aan natuurlijke zitstokken dicht bij de randen (Askham, 1990; Wong en Kross, 2018).

Over het algemeen waren druivenetende vogels vooral aanwezig aan de randen van de wijngaard, waar de meeste schade aan de druiven werd aangericht. Dit suggereert dat de natuurlijke of halfnatuurlijke houtachtige vegetatie rond de wijngaard als beschutting tegen roofdieren fungeert (Kross et al., 2012). De vlekloze spreeuw was de meest voorkomende druivenetende soort en vermoedelijk ook de soort die in ons onderzoek de meeste schade aan de druiven veroorzaakte; diverse studies hebben verschillende spreeuwsoorten als plaagdieren in wijngaarden geïdentificeerd (DeHaven en Hothem, 1981; Bomford en Sinclair, 2002; Somers en Morris, 2002; Kross et al., 2012; Luck et al., 2015). Het is bekend dat druivenetende vogels tijdens het oogstseizoen hun voedingsvoorkeuren kunnen aanpassen, van een meer insectenetend dieet naar een fruitetend dieet

(Peris, 1980; Pérez-González en Soler, 1990; Herrmann en Anderson, 2007). Een gedetailleerder onderzoek naar het foerageergedrag van druivenetende vogels zou de effectiviteit van afschrikmethoden kunnen verbeteren om de aanwezigheid van deze soorten te verminderen (Tracey en Saunders, 2003; Kross et al., 2012). Ook zou een diepteanalyse van de positie en hoogte van de schade aan druiven interessante informatie kunnen opleveren voor het beheer van wijngaarden en richtlijnen voor het ontwerp van nieuw aangeplante wijngaarden.

We voorspelden een grotere schade aan druiven dicht bij de randen tussen de wijngaard en natuurlijke of halfnatuurlijke houtachtige vegetatie (P2.2). Onze resultaten ondersteunen deze hypothese, aangezien het aantal beschadigde druiven per meeteenheid 8,5 keer groter was aan de randen van de wijngaard dan in het binnenste gedeelte (< en >50 m, respectievelijk). Sommige auteurs hebben betoogd dat het netto-effect van vogels (diensten versus nadelen) afhangt van de lokale landbouwpraktijk en de landschappelijke context, met name de hoeveelheid natuurlijke en halfnatuurlijke houtachtige vegetatie en de afstand tot de randen van de gewassen (Boesing et al., 2017; Olimpi et al., 2022). Hoewel we geen effect vonden van het aandeel landbedekkingskenmerken op het aantal beschadigde druiven (P2.1), identificeerden we een kritische afstand tussen 150 en 200 m van de wijngaardranden, waarbinnen het aantal beschadigde druiven afnam. Dit patroon kan worden toegeschreven aan de ligging van de wijngaard in een heterogeen landschap, omgeven door natuurlijke en halfnatuurlijke houtachtige vegetatie, wat bepaalde druivenetende vogelsoorten ertoe zou kunnen aanzetten om het binnenste van de wijngaard te verkennen in vergelijking met grotere en meer homogene wijngaarden (Kross, 2016). Het kwantificeren van drempelwaarden voor de grootte van habitatfragmenten binnen wijngaardmatrices kan bijdragen aan het behoud van essentiële habitatfragmenten die roofvogels ondersteunen en richtlijnen bieden voor habitatrestauratie, waardoor wederzijdse voordelen voor zowel biodiversiteit als landbouwproductie worden gewaarborgd. Een gedetailleerde studie van de kenmerken van rustplaatsen zou informatie kunnen opleveren voor locatiespecifieke beheersinstrumenten voor habitats (Yom-Tov et al., 1977; Kelty en Lustick, 1977; Clergeau en Simonnet, 1996).

We vonden geen vermindering van de schade aan druiven op kortere afstand van roofvogelnesten (P2.3) en ook niet bij wijnstokken met een parallelle ligging ten opzichte van de randen tussen wijngaarden en natuurlijke of halfnatuurlijke houtachtige vegetatie (P3.1). Roofvogelnesten werden geassocieerd met een complexe vegetatiestructuur in het binnenste van bospercelen (Bosch et al., 2005; Barrientos en Arroyo, 2014). De nestlocatie bevordert waarschijnlijk de predatiedruk door druivenetende vogels te concentreren aan randen die betere bescherming bieden tegen roofdieren (Devereux et al., 2006; Gonthier et al., 2019). Bovendien eindigt de periode waarin roofvogels nauw verbonden zijn met hun nesten (van maart tot augustus) vóór het begin van de oogst (eind september tot begin oktober). Blijkbaar geven druivenetende vogels geen voorkeur aan bos-wijngaardranden met wijnstokken met een loodrechte ligging, die gemakkelijker toegankelijk zijn dan die met een parallelle ligging. Zoals hierboven besproken, kan de studie van het foerageergedrag van druivenetende vogelsoorten, inclusief hoe ze de wijngaard bereiken, bijdragen aan het opstellen van richtlijnen voor het ontwerp van nieuw aangeplante wijngaarden wat betreft de locatie ten opzichte van de vegetatie en de oriëntatie en afstand van de wijnstokken. We observeerden bijvoorbeeld dat grote lijsters zich voeden met druiven verder van de randen van de wijngaard en gebruikmaken van wijnstokken die loodrecht op de randen staan. Ook overlappen de druivenoogst en de postnuptiale trek van vogels, en we observeerden verschillende kleine vogels die zich mogelijk ook voeden met druiven, zoals de roodstaart (*Phoenicurus phoenicurus*), de roodborsttapuit (*Saxicola rubicola*), de fitis (*Phylloscopus* spp.), de boszanger (*Sylvia* spp.) en de roodborst (*Erithacus rubecula*; Herrera, 1998; Rey, 2011).

5. Conclusies en geleerde lessen

De afstand van de wijnranken tot de houtachtige schuilplaatsen die door druivenetende vogels werden gebruikt, was de belangrijkste factor die de hoeveelheid schade aan de druiven door vogels in het bestudeerde mediterrane agroforestry-systeem beïnvloedde; de meeste schade aan de druiven vond plaats aan de rand tussen de wijngaarden en de natuurlijke en halfnatuurlijke houtachtige vegetatie. De geïnstalleerde kunstmatige elementen die roofvogels moesten bevoordelen, werden spaarzaam gebruikt en droegen niet direct bij aan het verminderen van de schade aan de druiven. De aanwezigheid van broedende roofvogels in de wijngaard zou kunnen hebben bijgedragen aan een lagere totale schade door vogels vanwege een potentieel angstlandschap (LOF) in het gebied. Het integreren van het dynamische LOF-kader in studies naar interacties tussen roofvogels en druivenetende vogels zou kunnen leiden tot nauwkeurigere voorspellingen van hoe roofvogels het gedrag van hun prooi beïnvloeden (Palmer et al., 2022). Druivenetende vogels zouden bijvoorbeeld perioden met weinig roofvogelactiviteit kunnen anticiperen en strategisch foerageren in meer blootgestelde delen van de wijngaard gedurende die perioden. Door strategisch zitplaatsen te plaatsen in gebieden waar roofvogels minder actief zijn tijdens de belangrijkste foerageertijden voor druivenetende vogels, kan het succes van dergelijke interventies worden verbeterd.

Het beheer van natuurlijke en halfnatuurlijke houtachtige vegetatie aan de randen door het verwijderen van potentiële rust- en schuilbomen voor druivenetende vogels zou een optie kunnen zijn, maar een diepere beoordeling is nodig, aangezien deze effecten onduidelijk zijn en schadelijk kunnen zijn door het bevorderen van negatieve ecosysteemdiensten (Karp et al., 2015; Garcia et al., 2020; Olimpi et al., 2022). Een veelbelovende ontwerp- en beheeroptie is het behouden van een strook van minstens 50 m breed met lage kruidachtige vegetatie tussen de natuurlijke en halfnatuurlijke houtachtige vegetatie en de wijngaard (Peisley et al., 2017). Een andere optie voor de korte termijn is valkerij wanneer de activiteit van druivenetende vogels hoog is, wat in andere systemen heeft geleid tot een verminderde populatie van vogelplagen en schade aan druiven (Kross et al., 2012; Thiériot et al., 2015).

In agroforestry-mozaïeken beïnvloeden de samenstelling en configuratie van het landschap de abundantie van plagen en hun roofdieren, en hun bewegingen binnen het landschap, sterk (Boesing et al., 2017). Het is cruciaal om de factoren te begrijpen die de overdrachtseffecten tussen habitats bepalen, dat wil zeggen de effecten waarbij organismen zich verplaatsen tussen met elkaar verbonden habitats (Blitzer et al., 2012; Tschardt et al., 2012; Boesing et al., 2018). Dit zal helpen bij het ontwerpen van effectieve methoden om de aantrekkingskracht van druivenetende vogels op wijngaard- en bosmozaïeken te verminderen. Bovendien zal dit bijdragen aan het beheer van de grenzen tussen deze twee habitats om de verplaatsing van plagen van het bos naar de wijngaard te beperken, inclusief het beheer van houtachtige schuilplaatsen en rustplaatsen. We moeten ook verder onderzoek doen naar de factoren die de overdrachtseffecten van ornithofage bosroofvogels bepalen om hun verplaatsingen tussen habitats, van bosfragmenten naar wijngaarden, te bevorderen en hun aanwezigheid in wijngaarden te vergroten. Het ontwerpen en beheren van multifunctionele landschappen die zowel biodiversiteit als landbouwproductie kunnen ondersteunen, is een fundamentele pijler van duurzame landbouwproductiesystemen. Dit vereist inzicht in hoe de samenstelling en configuratie van bos- en landbouwmozaïeken de biodiversiteit en de bijbehorende ecosysteemdiensten en -nadelen beïnvloeden (Boesing et al., 2017; Pejchar et al., 2018; Olimpi et al., 2022).

Verklaring van tegenstrijdige belangen

De auteurs verklaren dat zij geen bekende tegenstrijdige financiële belangen of persoonlijke relaties hebben die de in dit artikel gerapporteerde werkzaamheden zouden kunnen hebben beïnvloed.

Dankbetuigingen

Dit onderzoek werd gefinancierd door Abadía Retuerta (<https://www.abadia-retuerta.com/>) en Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico via de Fundación Internacional para la Restauración de Ecosistemas (<https://fundacionfire.org/>), en het Ministerio de Ciencia e Innovación (CGL2014-53308-P en PID2019-106806 GB-I00) en projecten van de regionale overheid van Madrid (REMEDINAL-4 ref. TE-CM S2018/EMT-4338). NM werd gefinancierd door een predoctorale beurs van de Universidad de Alcalá. Héctor Amador, Luis Ballesteros Sanz en Luciano Pataro hebben bijgedragen aan veldonderzoeken. We zijn Enrique Valero, Álvaro Pérez, Luis C. de la Calle en Ángel Anocíbar van Abadía Retuerta zeer dankbaar voor hun steun. We zijn ook veel dank verschuldigd aan twee anonieme reviewers die de inhoud en presentatie van een eerdere versie van dit artikel hebben verbeterd. De gegevens die de bevindingen van deze studie ondersteunen, zijn openbaar beschikbaar via Figshare (Monteagudo et al., 2023b).