

Univerzita Karlova

Přírodovědecká fakulta

Studijní program: Biologie

Studijní obor: Ekologická a evoluční biologie



Adriana Hološková

Príspevok k pochopeniu dopadu intenzifikácie poľnohospodárstva na vtáchie populácie:

vplyv zmien v potravnjej ponuke bezstavovcov

Towards the understanding of agricultural intensification impacts on farmland birds:

the effects of changes in invertebrate food supply

Bakalárská práca

Školiteľ: doc. Mgr. Jiří Reif, Ph.D.

Praha, 2019

PodĎakovanie

Rada by som sa poĎakovala svojmu školiteľovi doc. Mgr. Jiřímu Reifovi, Ph. D. za odborné vedenie práce, cenné rady a pripomienky a priateľskú atmosféru na konzultáciách. Ďalej patrí moje poĎakovanie rodičom za trpezlivosť a podporu nielen počas písania tejto bakalárskej práce.

Prehlásenie

Prehlasujem, že túto záverečnú prácu som vypracovala samostatne a že som uviedla všetky použité informačné zdroje a literatúru. Táto práca ani jej podstatná časť nebola predložená k získaniu iného alebo rovnakého akademického titulu.

V Prahe, 8. mája 2019

Podpis:

Abstrakt

V populáciách insektivorných poľných vtákov v súčasnosti dochádza k dramatickým úbytkom. Intenzifikácia poľnohospodárstva predstavuje hlavnú príčinu týchto populačných zmien, tá však v sebe zahŕňa veľké množstvo rôznych mechanizmov. Predpokladá sa, že zmeny v potravnnej ponuke predstavujú jeden z kľúčových faktorov. Homogenizácia potravy mláďat hmyzožravých vtákov znižuje rýchlosť ich rastu a výslednú veľkosť v dospelosti, znížená abundancia koristi ovplyvňuje prežívanie aj kondíciu mláďat a celkovú úspešnosť hniezdenia. Jedným z najdôležitejších faktorov je aj prístupnosť potravy, ktorá limituje využívanie potravnne bohatých habitatov. Ich priamy vplyv na populačný trend bol však preukázaný len u jedného druhu – jarabice poľnej. U mnohých ďalších druhov sa síce potvrdil vplyv zmien v potravnnej ponuke na úspešnosť hniezdenia, chýbajú ale informácie o následnom prežívaní mláďat a identifikácia hlavných príčin mortality mimo hniezdneho obdobia. Vo všeobecnosti sú nedostatočné informácie o dopadoch týchto zmien predovšetkým na populácie poľných vtákov v strednej a východnej Európe, teda v prostredí s odlišnými charakteristikami, než z ktorého pochádza väčšina zistení v tejto problematike. Bez týchto informácií je obtiažne adekvátne vyhodnotiť konkrétne príčiny úbytkov populácií jednotlivých druhov a následne navrhnúť agroenvironmentálne opatrenia eliminujúce negatívne vplyvy agrovýroby.

Kľúčové slová: intenzifikácia, poľnohospodárstvo, poľné vtáky, potravná ponuka

Abstract

Populations of insectivorous farmland birds recently underwent dramatic declines. Agricultural intensification is the main cause of these population changes, but involves numerous different mechanisms. Changes in food supply are thought to be one of the key factors. Homogenization of diet supplied to insectivorous chicks reduces their growth rate resulting in their smaller size as adults; decreased abundance of prey affects both survival and fitness of chicks and the overall breeding success. The accessibility of food is one of the most important factors limiting the use of food-rich habitats. However, the impact of all these factors on population trends has been shown in a single species – grey partridge. While the effect of changes in food supply on the breeding success has been confirmed in many other species, there is a lack of information on subsequent links to the survival of fledglings and the major causes of mortality outside the breeding period remain unclear. In general, there is insufficient information on population consequences of the changes in food supply for farmland birds, particularly in Central and Eastern Europe – the region with different characteristics from those we find in regions in which most of the findings were collected. Without this information, it is difficult to assess the specific causes of decline of individual species and then propose measures to eliminate the negative impacts of agriculture.

Key words: intensification, agriculture, farmland birds, food supply

Obsah

Úvod a ciele práce	1
1 Úbytok vtákov v poľnohospodárskej krajine	2
2 Vplyv poľnohospodárstva na vtáky	3
3 Vplyv zmien v potravnej ponuke na poľné vtáky	4
3. 1 Kvalita potravy	5
3. 2 Dostupnosť a abundancia potravy	6
3. 2. 1 Vzťah dostupnosti potravy a výberu a veľkosti teritória	6
3. 2. 2 Okraje polí ako preferenčne využívaný habitat	7
3. 2. 3 Pesticídy	9
3. 2. 4 Vplyv na úspešnosť hniezdenia	10
3. 3 Prístupnosť potravy	12
3. 4 Populačné dôsledky zmien v potravnej ponuke	14
4 Syntéza	16
5 Odporúčania pre menežment	17
Záver	19
Zoznam použitej literatúry	20

Úvod a ciele práce

Intenzifikácia poľnohospodárskej výroby bola už mnohokrát identifikovaná ako jedna z hlavných príčin úbytku biodiverzity v európskom (Donald et al. 2006; Lichtenberg et al. 2017; Stoate et al. 2009), aj severoamerickom kontexte (Stanton, Morrissey & Clark 2018). Najnovšia metaanalýza týkajúca sa hmyzu ju dokonca dala na prvé miesto spolu s konverziou prírodných biotopov na agroekosystémy (Sánchez-Bayo & Wyckhuys 2019). Negatívny vplyv agrovýroby na bezstavovce sa následne ďalej prenáša aj na ich konzumentov vrátane vtákov (napr. Brickle et al. 2000).

Vtáky tvoria jednu z kľúčových zložiek ekosystémov (Sekercioglu 2006), podieľajú sa napríklad na šírení semien (Herrera et al. 1994), či regulácii populácií bezstavovcov (Fowler, Knight & McEwen 1991; Holmes, Schultz & Nothnagle 1979). V tomto kontexte je úbytok hmyzu ako hlavnej zložky potravy v čase hniezdenia insektivorných poľných vtákov častokrát automaticky dávaný ako faktor negatívne ovplyvňujúci populácie týchto druhov (Newton 2004). Ukazuje sa, že zmeny v potravnej ponuke majú výrazný vplyv na vtáky, no prác, ktoré by identifikovali konkrétne mechanizmy stojace za týmto fenoménom nie je mnoho. Zároveň je potrebné mať na pamäti, že faktorov ovplyvňujúcich poľné vtáky je veľa a zmeny v potravnej ponuke sú iba jedným z nich (Fuller 2000), aj keď sprostredkovane súvisia takmer so všetkými (Newton 2004). Napriek tomu je však popísanie konkrétnych mechanizmov stojacich za úbytkom vtáčích populácií nevyhnutným prostriedkom k následným návrhom eliminácie negatívnych vplyvov agrovýroby (Siriwardena et al. 1998). Len na základe ich detailného pochopenia je možné vytvoriť skutočne fungujúce agroenvironmentálne schémy na národnej či európskej úrovni (Batáry et al. 2015).

Táto práca si preto dáva za cieľ na základe dostupnej literatúry zhodnotiť do akej miery sú zmeny v potravnej ponuke významné v úbytku poľných vtákov, ako sa prejavujú v úspešnosti hniezdenia, a ktoré z nich sú najdôležitejšie.

1 Úbytok vtákov v poľnohospodárskej krajine

Podľa Donalda et al. (2006) v Európe v rokoch 1990 – 2000 41 z 58 druhov poľných vtákov zaznamenalo negatívne populačné trendy. Zo 40 krajín zahrnutých do analýzy 32 malo negatívny priemerný populačný trend, iba 2 krajiny pozitívny (Donald et al. 2006). Vo Veľkej Británii medzi rokmi 1970 – 1990 poľné vtáky zaznamenali najväčšie populačné úbytky a zároveň najväčšie redukcie plochy rozšírenia, pričom 7 druhom sa zmenšili populácie minimálne o 50 % (Fuller et al. 1995). K úbytkom dochádza aj naďalej, ako naznačujú novšie štúdie napr. z Dánska (Heldbjerg, Sunde & Fox 2018) či Veľkej Británie (Defra 2018).

Poľné vtáky ako ekologická skupina vyšli opakovane ako jedny z najohrozenejších, s najväčšími úbytkami populácií v európskom aj regionálnych kontextoch (Donald et al. 2006; Henderson et al. 2004; Reif et al. 2008; Reif & Vermouzek 2019). Ekologická a life – history špecializácia bola jedinou významnou premennou aj v ďalšej štúdii z Veľkej Británie, v ktorej druhy špecializované na agrárnu krajinu mali sklon k úbytku populácií, naopak generalistom sa populácie zväčšovali (Siriwardena et al. 1998). Medzi rokmi 1968 – 1980 a 1999 - 2000 sa tu zmenšili populácie 12 druhov prevažne spevancov o viac ako 80 %, 11 z nich boli druhy so silnými hniezdnymi a potravnými habitatovými preferenciami na lúčne spoločenstvá. Najväčší úbytok nastal u druhov škovránok poľný (*Alauda arvensis*), trasochvost žltý (*Motacilla flava*), drozd kolohrivý (*Turdus torquatus*) a strnádka žltá (*Emberiza citrinella*). Naopak druhy ako kavka tmavá (*Corvus monedula*) či holub hrivnák (*Columba palumbus*) zaznamenali nárasty populácií až o 3000 % resp. 900 % (Henderson et al. 2004).

V rámci tejto skupiny sú však tiež významné rozdiely. Bas, Renard & Jiguet (2009) aj Heldbjerg, Sunde & Fox (2018) identifikovali ako dôležitý faktor stratégiu hniezdenia, v štúdiách Donald et al. (2006) aj Bowler et al. (2019) vyšiel ako najdôležitejší faktor potravná guilda (viac v kap. 3.).

2 Vplyv poľnohospodárstva na vtáky

Intenzifikácia poľnohospodárstva bola vo väčšine prípadov identifikovaná ako hlavná príčina populačných zmien poľných vtákov (Fuller 2000; Newton 2004). V krajinách s intenzívnejším poľnohospodárstvom sú úbytky populácií poľných vtákov významne väčšie (Donald, Green & Heath 2001; Donald et al. 2006). Rozdiel je aj medzi krajinami Európskej únie a bývalými krajinami Východného bloku, ktoré sa líšia intenzitou využívania krajiny (Donald, Green & Heath 2001). Najdôležitejšou premennou intenzifikácie sa opakovane stala veľkosť výnosu. V štúdií Donald, Green & Heath (2001) vysvetľovala 30 %, v novšej analýze z roku 2006 až 45 % variability intenzifikácie (Donald et al. 2006).

Medzi najdôležitejšie prejavy intenzifikácie poľnohospodárstva patria: strata habitatov a fragmentácia krajiny; mechanizácia, priama mortalita pri poľnohospodárskych činnostiach; intenzívnejšie používanie hnojív; intenzívnejšie používanie pesticídov a ich toxicita; prechod z jarých na ozimné typy plodín – nedostatok oranísk v zimnom období, skoršie práce na poliach, na jar rýchlejší rast plodín a vysoké porasty; odvodňovanie krajiny a intenzifikácia menežmentu lúk a pasienkov (vyššie denzity dobytka, častejšie kosenie); zmeny v pestovaných plodinách a redukcia ich striedania, vypustenie úhorov a zmeny v potravinnej ponuke (Chamberlain et al. 2000; Newton 2004; Stanton et al. 2018). Zmeny v potravinnej ponuke súvisia takmer so všetkými vyššie uvedenými javmi (Newton 2004). Niektorí autori ich preto nezaraďujú medzi ne, ale uvádzajú ich ako mechanizmus, prostredníctvom ktorého majú tieto zmeny v hospodárení vplyv na vtáky (Stanton et al. 2018).

Nie vo všetkých regiónoch však došlo k intenzifikácii hospodárenia. Viaceré krajiny severnej a východnej Európy zaznamenali naopak pokles (či aspoň stagnáciu) intenzifikácie v zmysle vstupu chemikálií a výnosov (Reif & Hanzelka 2016; Wretenberg et al. 2006). Negatívny populačný trend tam až na zopár výnimiek (Dombrowski & Golawski 2002; Goławski 2006) poľné vtáky aj napriek tomu zaznamenali (Hanzelka, Telenský & Reif 2015). To naznačuje, že zmeny, ku ktorým dochádza, nie je možné redukovať len na intenzifikáciu poľnohospodárstva, aj keď tá v sebe už zahŕňa relatívne veľa parametrov. V uvedených regiónoch sa k nej pridáva aj konverzia polí na pasienky (Hanzelka et al. 2015), pestovanie odlišných plodín (Reif & Hanzelka 2016), opustenie agrárnej krajiny, strata heterogenity na úrovni krajinnej mozaiky či negatívne faktory pôsobiace na zimoviskách a ťahových cestách migrujúcich druhov (Wretenberg et al. 2006). Veľmi dôležitým faktorom je aj predácia (Tapper, Potts & Brockless 2006), ktorá však môže byť podmienená práve zmenami vo využívaní krajiny (Evans 2004; Fuller & Gough 1999).

3 Vplyv zmien v potravnjej ponuke na poľné vtáky

Zo všetkých druhov vtákov, ktoré využívajú európske agrárne prostredie na hniezdenie a zber potravy som si pre účely tejto práce vybrala tie, ktoré majú veľmi silnú väzbu na agroekosystémy - hniezdia aj potravu zbierajú na *zemi* a zároveň mláďatá kŕmia *hmyzom*.

Motiváciou k výberu týchto druhov bolo predovšetkým:

1. úbytok poľných vtákov vo vzťahu k *potravnjej guilde* vyšiel v práci Donald et al. (2006) signifikantne len pre insektivorov. Podobne v práci Bowler et al. (2019) mali od roku 1990 na európskej škále insektivorné druhy úbytky populácii v priemere o 13 %, naopak omnivorné druhy mali počas skúmaného obdobia stabilné populácie. Z insektivorov mali najväčšie úbytky druhy vyhľadávajúce potravu na zemi (Bowler et al. 2019).

2. v štúdií porovnávajúcej 43 druhov poľných vtákov dvoch *typov hniezdenia* (druhy hniezdiace na zemi a druhy hniezdiace v krovinevej vegetácii) na škále Európy vyšlo, že 68 % druhov hniezdiacich na zemi malo nižšiu relatívnu abundanciu v intenzívnejšie využívannej krajine, naopak pri druhoch hniezdiacich v drevinevej vegetácii to bolo len 17 % druhov (Bas et al. 2009), rovnaký vzťah našli aj Heldbjerg et al. (2018) v regionálnom kontexte (Dánsko).

Výber tejto skupiny vtákov bol ovplyvnený aj čoraz častejšími výsledkami výskumov potvrdzujúcich rapídny pokles početnosti hmyzích populácií (Hallmann et al. 2017; Powney et al. 2019; Shortall et al. 2009). Ten sa týka veľkého množstva skupín (Sánchez-Bayo & Wyckhuys 2019), pričom mnohé z nich tvoria majoritnú časť potravy hmyzožravých poľných vtákov (Holland et al. 2006). Vzrastá tak dôležitosť otázky, ako bude tento úbytok vplývať na insektivorné živočíchy. Štúdie analyzované v tejto práci skúmali vplyv zmien v potravnjej ponuke v rôznych kombináciách zloženia a množstva potravy a môžu tak slúžiť ako náhľad vplyvu prípadných budúcich zmien v hmyzích spoločenstvách.

V práci zámerne nie sú (až na pár výnimiek) zahrnuté druhy hniezdiace v drevinách, keďže cieľom nebolo analyzovať vplyv remízok, vetrolamov či inej drevinevej zelene v krajine. Zároveň sa v práci venujem primárne hniezdnemu obdobiu, mimohniezdnemu obdobiu a zima z pohľadu potravnjej ponuky sú rozobraté v podkapitole 3. 4.

3. 1 Kvalita potravy

Zloženie potravy mláďat hmyzožravých druhov poľných vtákov môže mať zásadný vplyv na úspešnosť hniezdenia (Borg & Toft 2000). Práce skúmajúce zloženie potravy týchto vtákov ukazujú, že pokiaľ majú k dispozícii široký výber druhov bezstavovcov využívajú mnoho skupín z nich (Christensen, Falk & Petersen 1996; Galbraith 1989; Holland et al. 2012; Moreby & Stoate 2001; Murray 2004; Wilson et al. 1999).

Negatívny vplyv unifikácie zloženia potravy potvrdzuje práca Borg & Toft (2000). V experimente s jarabicou poľnou (*Perdix perdix*) zvýšená proporcia vošiek (Aphids) v potrave mala negatívne dôsledky na rast a vývoj peria. Výsledky jasne podporili hypotézu, že veľké množstvo jedného typu potravy (v tomto prípade vošiek) nemôže nahradiť diverzifikovanú potravu, zmeny v kompozícii bezstavovcov na poliach smerom k tejto hmyzej skupine môžu mať negatívny vplyv na prežívanie mláďat. V kontrolnej skupine mláďat, ktorá mala možnosť sama si vyberať potravu, bola prijímaná aj časť vošiek, čo znovu podporuje dôležitosť diverzity potravy (Borg & Toft 2000). Rýchlosť rastu a následná veľkosť adultov bola homogénnejšou potravou znížená aj v experimente so zebričkou austrálskou (*Taeniopygia guttata*) (Boag 1987) a beloritkou obyčajnou (*Delichon urbicum*) (Johnston 1993), jednozložková diéta mala negatívny vplyv na efektívnosť rastu aj u včelárika zlatého (*Merops apiaster*) (Krebs & Avery 1984).

Počas hniezdenia väčšinu potravy tvorí práve živočíšna zložka (Holland et al. 2006), no u viacerých druhov - napr. škovránok poľný (Murray 2004), strnádka žltá (Stoate, Moreby & Szczur 1998), strnádka lúčna (*Emberiza calandra*) (Brickle & Harper 1999) - bolo pozorované aj kŕmenie rastlinnou potravou. To môže byť spôsobené nedostatkom vhodnej živočíšnej koristi (Morris et al. 2005; Douglas, Moreby & Benton 2012). Zber rastlinnej potravy je energeticky menej náročný, no aj zisk je nižší, zároveň napríklad semená obilnín obsahujú menší podiel proteínov (Christensen et al. 1996), čo sa môže v konečnom dôsledku stať limitujúcim faktorom vo vývoji a prežívaní mláďat (Potts 1986). To sa prejavilo napríklad na kondícii mláďat strnádky žltej, priemerná hmotnosť mláďat v znáške bola negatívne ovplyvnená podielom semien obilnín v ich potrave (Douglas, Moreby & Benton 2012). Southwood & Cross (2002) v experimente s jarabicou poľnou zistili, že mláďatá kŕmené vyšším podielom rastlinnej zložky v diéte rástli pomalšie, na diéte obsahujúcej len semená neboli schopné prežiť vôbec. Experiment zároveň ukázal, že mláďatá, ktoré neboli kŕmené hmyzom počas prvých dní života, boli obzvlášť citlivé voči nízkym teplotám a dažďu (Southwood & Cross 2002).

Naopak niektoré druhy môžu takto robiť zámerne napr. z nutričných dôvodov - mláďatá škovránka poľného konzumovali aj rastlinnú potravu, ktorej podiel v celkovom objeme potravy neklesal s narastajúcim množstvom bezstavovcov v miestach vyhľadávania potravy rodičmi. To by mohlo podporiť hypotézu o dôležitosti heterogénnosti potravy rozšírenú aj na rastlinnú zložku pri inak hmyzožravých druhoch (Ottens et al. 2014).

Diverzitu potravy ovplyvňuje charakter potravného habitatu, Ottens et al. (2014) našli viaceré taxóny takmer výhradne v menežovaných trávnatých okrajoch, pričom všetky z nich sú súčasťou potravy poľných spevavcov (Isopoda, Orthoptera, Hymenoptera, Stylommatophora, Heteroptera, Auchenorrhyncha, Opiliones.) Priemerný počet čeladi a rodov bezstavovcov tvoriacich potravu kŕmených mláďat škovránka poľného je vyšší pokiaľ rodičia chytajú koristi v trávnatých okrajoch (Ottens et al. 2014), čo sa môže následne odzrkadliť na ich kondícií (Johnston 1993; Borg & Toft 2000). To sa prejavilo v práci Donald et al. (2001), v ktorej boli mláďatá škovránkov v horšej kondícii, pokiaľ sa hniezdo nachádzalo na trvalých pasienkoch. Tam bola zaznamenaná nižšia diverzita hmyzu a následne aj menej variabilná potrava mláďat (Donald et al. 2001).

3. 2 Dostupnosť a abundancia potravy

Dostupnosť potravy v zmysle prítomnosti vhodných biotopov na lov koristi a zároveň jej množstvo v takýchto miestach môže zohrávať dôležitú úlohu v úspešnosti hniezdenia (napr. Hart et al. 2006; Kuiper et al. 2015; Potts & Aebischer 1994). V tomto období sú (vybrané) poľné vtáky silne závislé od prítomnosti bezstavovcov v potravnnej ponuke (Holland et al. 2006). Množstvo vhodných potravných habitatov sa odráža vo výbere rozmnožovacích teritórií, veľkosti potravných teritórií, zloženia potravy a v konečnom dôsledku v počte a prežívaní mláďat.

3. 2. 1 Vzťah dostupnosti potravy a výberu a veľkosti teritória

Výber prostredia u vtákov ovplyvňuje väčšie množstvo faktorov zahŕňajúcich napr. aj medzidruhovú kompetíciu či vlastnosti biotopu minimalizujúcich riziko predácie, avšak potravná ponuka je v danom prostredí faktorom úplne kľúčovým (Fretwell & Calver 1969). Preferenčné využívanie habitatov bohatších na vybrané skupiny bezstavovcov sa ukázalo pri druhoch strnádka lúčna (Brickle et al. 2000), trasochvost žltý (Gilroy et al. 2009), strnádka trstinová (*Emberiza schoeniclus*) (Brickle & Peach 2004), škovránok poľný (Kuiper et al. 2013; Poulsen, Sotherton & Aebischer 1998), bažant obyčajný (*Phasianus colchicus*) (Hill 1985), jarabica poľná či kuropta červená (*Alectoris rufa*) (Green 1984).

Výber potravných habitatov je teda nenáhodný a odráža množstvo koristi. V takom prípade priemerná vzdialenosť od hniezda a poradie využívaných habitatov relatívne k ich dostupnosti sú závislé od dostupnosti potravy (Brickle et al. 2000). S tým úzko súvisí, že čím dlhšie sú rodičia mimo hniezda, tým väčšiemu riziku predácie sa vystavujú oni sami a zároveň aj mláďatá (Brickle et al. 2000). Strnádka žltá vyhľadávala potravu do maximálnej vzdialenosti 346 metrov od hniezda, pričom viac ako polovica návštev bola pod 115 metrov, a to v miestach s väčším množstvom bezstavovcov dôležitých v jej diéte. Rovnaký vzťah našli Brickle & Peach (2004) aj u strnádky trstinovej, ktorej až 87 % zberu hmyzu prebiehal v miestach pod 100 metrov od hniezda.

Škovránky poľné museli lietať priemerne o 56 resp. 23 metrov ďalej v jačmeni a silážnej tráve než v úhoroch, kde bolo celkovo väčšie množstvo potravy (Poulsen, Sotherton & Aebischer 1998). V tomto prípade sa množstvo potravy prejavilo aj na výbere hniezdneho teritória. V úhoroch bola 2 až 3 krát vyššia denzita hniezdiacich párov a zároveň bol na hniezdenie využitý najväčší podiel plochy. Naopak v obilninách, ktoré boli na hmyz najchudobnejšie, bola veľkosť teritórií viac ako dvojnásobná (Poulsen, Sotherton & Aebischer 1998; totožne aj Murray 2004). (Je nutné však spomenúť, že úspešnosť vyhniezdenia v úhoroch bola v práci Donald et al. (2002) dva krát nižšia než v obilninách, naopak Wilson & Browne (1993) ich identifikovali spolu s organickými obilninami ako habitat s najväčším počtom úspešných hniezdení). K rovnakému výsledku došli aj Josefsson et al. (2013), kedy sa prítomnosť bylinných pásov prejavila zvýšením množstva na zemi žijúcich bezstavovcov a zároveň hniezdiacich škovránkov. Tí mali o 30 % viac teritórií do vzdialenosti 100 metrov od okraja, čo si autori vysvetľujú práve väčšou potravnou ponukou (Josefsson et al. 2013).

Výber hniezdneho teritória na základe dostupnosti potravy sa prejavuje aj u trasochvosta žltého. Hlavným biotopom boli na začiatku sezóny obilniny, kde sa nachádzalo aj väčšie množstvo potravy, postupom sezóny sa však trasochvosty začali tejto plodine úplne vyhýbať a väčšina hniezd bola v zemiakoch (Gilroy et al. 2009; ďalej aj Gilroy et al. 2010 a Kragten 2011). Táto preferencia sa zhodovala s množstvom potravy a zároveň s jej prístupnosťou (viac kap. 4.3.). Zemiakové polia neskôr poskytovali viac potravy a zároveň charakter porastu umožňoval lepší prístup k nej aj k umiestneniu samotného hniezda. V tomto prípade bola zaujímavá aj preferencia hniezdneho biotopu na pôdach s vyšším obsahom organickej zložky (Gilroy et al. 2009). Konkrétny mechanizmus nie je známy, ale pravdepodobne to súvisí s celkovou produktivitou pôdy, množstvom bezstavovcov a teda abundanciou potravných ponuky (Gilroy et al. 2008). Podobne si vyberali hniezdne teritória aj strnádka žltá (McHugh et al. 2016). Tie umiestňovali významne častejšie v blízkosti bylinných okrajov, ktoré obsahovali väčšie množstvo bezstavovcov (McHugh et al. 2016).

3. 2. 2 Okraje polí ako preferenčne využívaný habitat

Ako jeden z najlepších habitatov na lov koristi sa ukazujú trávnaté a bylinné okraje polí či vysievané bylinné pásy uprostred komplexu polí (Vickery, Carter & Fuller 2002; Vickery, Feber & Fuller 2009). Väčšie množstvo rôznych druhov bezstavovcov na okraji polí bolo pozorované v mnohých štúdiách v rôznych kombináciách plodín a charaktere okraja. Prevažná väčšina takýchto prác ukazovala výrazné rozdiely v početnosti (Josefsson et al. 2013; Kuiper et al. 2013; Ottens et al. 2014), pričom tieto poskytujú zároveň väčšie množstvo druhov bezstavovcov tvoriacich najdôležitejšiu časť potravy mláďat (chick – food invertebrates) (Douglas, Vickery & Benton 2009).

Menežované bylinné pásy na okrajoch polí, ktoré sa používajú v rámci agroenvironmentálnych opatrení, sú zdrojom veľkého množstva bezstavovcov, oproti produkčným plochám môže byť rozdiel niekoľkonásobný (Brickle et al. 2000).

Väčšie množstvo koristi tu je počas celej sezóny (Ottens et al. 2014, Kuiper et al. 2015), aj keď sa v neskorších fázach rozdiel môže znižovať (Hart et al. 2006). V takom prípade sú to práve okraje, ktoré tvoria zdroj bezstavovcov. Tie následne počas sezóny migrujú do polí (Marshall & Moonen 2002). Opačný trend zaznamenali Kuiper et al. (2015), kedy na začiatku sezóny nebol rozdiel v abundancii bezstavovcov medzi okrajmi a plodinami, ten sa prejavil až v nasledujúcich zberoch. V tomto prípade to môže byť vplyv štruktúry porastu, kedy na jar je nízka vegetácia v oboch habitatoch alebo efekt insekticidov, kedy je množstvo bezstavovcov cielene regulované a je zamedzené migrácií z okolia aj nárastu početnosti v samotnom poraste plodiny (Kuiper et al. 2015).

Podobný efekt môže nastať aj bez prítomnosti menežovaných okrajov. Josefsson et al. (2013) nenašli rozdiel v množstve bezstavovcov medzi poliami s trávnatými okrajmi a bez nich. Už okraj poľa sám o sebe môže teda poskytovať viac potravy, čo môže byť spôsobené vo všeobecnosti horšou prístupnosťou pre poľnohospodársku techniku počas obrábania daného poľa, to sa v konečnom dôsledku prejaví nižšími dávkami pesticídov, redšie zasiatou plodinou a teda priestorom pre iné druhy, ktoré môžu byť živnými rastlinami väčšieho počtu druhov hmyzu (Frank 1999; Woodcock et al. 2005). Významné sú aj okraje / hranice medzi poliami s rôznymi plodinami. V porovnaní množstva bzdôch (Heteroptera) na okraji na hranici s trvalým porastom a v uprostred komplexu malých polí nevyšiel rozdiel, naopak vo veľkých poliach bolo menej hmyzu než na ich okraji (Panek 1997). To znamená, že aj heterogenita v plodinách môže mať pozitívny vplyv na veľkosť potravnú ponuku. V tomto prípade okrem samotnej odlišnosti rastlín, je dôležitejším faktorom to, že k výsevu, ošetrovaniu pesticídmi a hnojivami a následnému zberu jednotlivých plodín dochádza postupne a okolité porasty môžu slúžiť ako refugium a neskôr ako zdroj bezstavovcov (Panek 1997). Môžu teda fungovať rovnako ako porasty na okrajoch polí, ktoré túto funkciu však plnia kontinuálne počas celej sezóny (Ottens et al. 2014). Tento jav by mohol čiastočne vysvetľovať, prečo vyššia heterogenita krajiny pozitívne vplýva aj na druhy hniezdiace a loviace na zemi, ktorým prítomnosť napr. drevinovej vegetácie nevyhovuje (a ktorá býva vyzdvihovaná ako jedna z kľúčových (Benton, Vickery & Wilson 2003). To platí napr. pre škovránka poľného, naopak abundancia strnádky žltej sa zvyšovala s narastajúcou dĺžkou drevinových okrajov (Batáry, Matthiesen & Tschardtke 2010), ktoré predstavujú spolu s bylinnými okrajmi jej hlavný hniezdny habitat (Bradbury et al. 2000; Murray 2004).

Mláďatá jarabice poľnej a kuropty červenej vyhľadávali potravu do vzdialenosti 25 m od okraja, miestam nad 50 metrov sa úplne vyhýbali, pričom bol veľký rozdiel v množstve bezstavovcov v porovnaní 5 m a 50 metrov od okraja pola (Green 1984). Rovnako bol najčastejším potravným habitatom trávnatý okraj aj pre strnádku lúčnu (Perkins et al. 2002), opäť s najväčším množstvom potravy (Brickle et al. 2000). Trasochvosty žlté využívali preferenčne koľaje od poľnohospodárskej techniky a okolie vodných priekop, oboje pritom možno charakterizovať ako typ okraja (Gilroy et al. 2009).

3. 2. 3 Pesticídy

Riziká pre populácie poľných vtákov spojené s nedostatkom potravy boli skúmané predovšetkým v súvislosti s aplikáciou pesticídov. Report RSPB (2005) o možnom nepriamom vplyve pesticídov prostredníctvom zmien v potravnnej ponuke identifikoval druhy vrabec poľný (*Passer montanus*), hrdlička divoká (*Streptopelia turtur*), stehlík konôpka (*Carduelis cannabina*), škovránok poľný, trasochvost žltý a strakoš obyčajný ako potenciálne ohrozené, potvrdený efekt majú na strnádku žltú, strnádku lúčnu a jarabicu poľnú. Pre 9 z 20 skúmaných druhov neboli dostupné informácie k vyhodnoteniu, v 2 prípadoch štúdie naznačujú, že pesticídy negatívnych efekt nemajú – cíbik chochlatý (*Vanellus vanellus*) a lastovička obyčajná (*Hirundo rustica*) (RSPB, 2005). Ďalšie nepriame mechanizmy pôsobenia pesticídov podrobne zhrnuté v (Boatman et al. 2004; Bright, Morris & Winspear 2008; Campbell et al. 1997).

Aplikácia pesticídov (a z toho predovšetkým insekticídov) má priamy vplyv na množstvo kľúčových druhov bezstavovcov pre mláďatá poľných vtákov (Brickle et al. 2000). Efekt prostredníctvom nižšej diverzity rastlín, a teda menšieho počtu druhov živných rastlín pre hmyz, majú však aj herbicídy (Marshall et al. 2001; Moreby & Southway 1999; Taylor, Maxwell & Boik 2006), negatívny vplyv na rastliny, bezstavovce a následne aj poľné vtáky sa našiel aj v prípade fungicídov (Geiger et al. 2010).

Hart et al. (2006) zaznamenali zvyšujúcu sa abundanciu koristi počas sezóny vo všetkých skúmaných habitatoch s výnimkou striekaných plôch. Nedostatok potravy v týchto miestach sa následne prejavil na kondícii mláďat strnádky žltej (Hart et al. 2006). Strnádky zároveň využívali polia striekané počas sezóny 4 krát menej často než tie ošetrované mimo hniezdneho obdobia, pričom takéto polia boli vzácné navštevované viac ako 1 krát (Morris et al. 2005). Morris et al. (2005) popísali aj vzťah medzi množstvom koristi a mortalitou mláďat spôsobenou hladom. Nenašiel sa však žiadny priamy vzťah medzi aplikáciou insekticídov a týmito úhynmi, no pesticídy stále môžu mať efekt prostredníctvom zhoršenej kondície vyletených mláďat, keďže tieto majú nižšiu pravdepodobnosť prežitia (Magrath 2006).

Vplyv pesticídov sa našiel aj u jarabice poľnej v experimentálne ošetrovaných plochách. V častiach polí (okraje), kde neboli aplikované pesticídy, boli väčšie znášky a následne aj väčšia úspešnosť hniezdzenia (Rands 1985). Mláďatá jarabíc sa krmia predovšetkým na okrajoch polí (Green 1984), a keďže aplikáciou pesticídov sa znižuje množstvo bezstavovcov v týchto miestach, ich negatívne pôsobenie je pravdepodobne prostredníctvom redukcie potravnnej ponuky (Rands 1985).

Southwood & Cross (1969) vypočítali vzdialenosť, ktorú musia mláďatá jarabice poľnej prejsť v rôznych agrokultúrnych biotopoch Británie, aby nazbierali dostatok potravy. V prípade polí ošetrovanými herbicídmi bola táto natoľko veľká, že limitáciou nemusí byť len samotná vzdialenosť, ale aj čas, v zmysle počtu hodín slnečného svitu počas dňa – mláďatá sa takto de facto nestihli nakrmiť, čo ovplyvňuje ich prežívanie, a teda aj úspešnosť hniezdzenia (Southwood & Cross 1969).

3. 2. 4 Vplyv na úspešnosť hniezdenia

Vplyv dostupnosti a abundancie potravy sa prejavuje na rôznych úrovniach hniezdenia – ovplyvňuje množstvo vajec, prežívanie a množstvo úspešne vyletených mláďat, ich veľkosť a kondíciu. Zároveň má vplyv na kondíciu rodičov, prostredníctvom ktorej je limitovaný počet a veľkosť znášok za sezónu a teda celková reprodukčná úspešnosť (Martin 1987). V nasledujúcom texte budú vyššie spomínané javy zasadené do kontextu poľných vtákov.

Väčšia veľkosť a kvalita vajec pri vyššej abundancii potravy bola preukázaná u niektorých altriciálnych druhov (napr. Bryant 1975; Murphy 1986; Nen 1984). Predpokladá sa, že toto je spôsobené zlepšením kondície rodičov a teda ich možnosťami v energetických investíciách do produkcie vajec. Tá je totiž limitovaná jednak množstvom zásob využitých na samotné vajcia, ale aj rezervnými zásobami potrebnými v neskorších štádiách hniezdenia (Martin 1987). Z poľných vtákov sa však vplyv dostupnosti potravy na veľkosť znášky nenašiel u strnádky lúčnej (Brickle et al. 2000), trasochvosta žltého (Gilroy et al. 2009), strakoša obyčajného (*Lanius collurio*) (Goławski & Meissner 2008), nezlepšila ju ani prítomnosť bylinných okrajov u škovránka poľného (Kuiper et al. 2015). Dá sa teda predpokladať, že tieto vtáky nie sú schopné prispôbiť množstvo vajec dostupnosti potravy v danom teritóriu. Redukcia počtu predstavuje významnú zmenu v reprodukčnom potenciáli, nedostatok potravy sa však môže prejaviť vo veľkosti a kvalite vajec. Tá následne ovplyvňuje rôzne parametre naprieč vtáčimi druhmi – napr. úspešnosť liahnutia, hmotnosť, rýchlosť rastu či prežívanie mláďat (zhrnuté v Martin 1987).

Zmena vo veľkosti znášky nastala u trasochvosta žltého, ktorý s postupom sezóny zmenil typ plodiny z pšenice na zemiaky a počet vajec klesol. Keďže však počet vajec v znáške u vtákov vo všeobecnosti v priebehu sezóny klesá, mohol byť pozorovaný jav spôsobený menším energetickým vstupom rodičov v neskorších fázach hniezdenia a nie plodinou ako takou. Tú si vybrali pravdepodobne z dôvodu väčšieho podielu odkrytej pôdy (v porovnaní s vtedy už vysokou a hustou pšenicou) a teda lepšími podmienkami na hniezdenie a lov koristi (Gilroy et al. 2009).

Dostupnosť potravy však následne ovplyvňuje kondíciu a rast vyľahnutých mláďat. Hmotnosť mláďat škovránka poľného ovplyvnil výber plodiny, kedy bola nižšia spolu s nižšou abundanciou koristi (Kuiper et al. 2015), dostupnosť potravy sa prejavila v hmotnosti aj u strnádky lúčnej (Brickle et al. 2000), strnádky žltej (Hart et al. 2006) a strnádky trstinovej, kedy ovplyvnila celkovú hmotnosť znášky (Brickle & Peach 2004). V prípade nedostatku potravy nemusia byť rodičia schopní kompenzovať zníženú potravnú ponuku zvýšenou aktivitou. V homogénnom prostredí veľkých poľí napr. po aplikácii insekticidov nemôžu z energetických dôvodov lietať ďalej do lepších habitatov (central place foraging theory) (Hart et al. 2006). Zároveň strnádky, ako aj iné na zemi hniezdiace spevavce, pravdepodobne nie sú schopné v čase nedostatku potravy spomaliť vývoj (Newton 1998). To vedie k tomu, že hniezdo opúšťajú mláďatá s nedostatočnou hmotnosťou, čo môže viesť k zníženému prežívaniu (Naef-daenzer, Widmer & Nuber 2001) aj fitness (Lindström 1999).

Dostupnosť potravy teda môže následne ovplyvňovať aj celkovú úspešnosť hniezdenia. S narastajúcou dostupnosťou potravy sa zvyšovalo prežívanie mláďat strnádky lúčnej (Brickle et al. 2000), počet vyletených mláďat strakoša obyčajného (Gołowski & Meissner 2008), či produktivita (počet vyletených mláďat) škovránka poľného na hektár (Poulsen, Sotherton & Aebischer 1998). 75 % variability v prežívaní mláďat bažanta poľného vysvetľovala abundancia potravy, miera prežívania bola najvyššia v prípadoch, kedy mláďatá prijali najväčšie množstvo hmyzu (Hill 1985). Potravná ponuka ovplyvňuje aj počet znášok počas hniezdnej sezóny (Brickle & Harper 2002; Martin 1987). Na rozdiel od zväčšovania znášok (ktoré sú väčšinou geneticky dané a / alebo už sú na svojom fyziologickom maxime), väčšie množstvo potravy umožňuje rýchlejší priebeh jednotlivých hniezdení a rýchlejšie zhromaždenie energetických a nutričných zdrojov na ďalšiu znášku. Naopak nedostatok potravy sa nemusí prejaviť len v horšej kondícii mláďat, prípadne ich mortalite, ale aj v kondícii rodičov a ovplyvniť tak prípadné ďalšie hniezdenie či samotné prežívanie (Martin 1987). To predpokladajú Brickle & Harper (2002) napr. u strnádky lúčnej, u ktorej nedostatok nezrelých zŕn a bezstavovcov môže limitovať počet znášok za sezónu. V prípade jarabice poľnej bol dokázaný efekt abundancie potravy aj na populačný trend (Potts & Aebischer 1994).

Naproti vyššie uvedeným hypotézam stojí druhá skupina štúdií, ktorá vplyv dostupnosti potravy na úspešnosť hniezdenia nezaznamenala. Prítomnosť bylenných pásov s veľkým množstvom potravy nemal vplyv na hmotnosť mláďat škovránka poľného ani ich prežívanie (Kuiper et al. 2015). V tejto štúdii bol jediným faktorom výber plodiny, kedy na lúkach bola úspešnosť hniezdenia nižšia v dôsledku zničenia hniezd pri kosení, to bolo spolu s predáciou hlavným dôvodom úhynu mláďat. Gilroy et al. (2009) neidentifikovali žiadnu zo skúmaných environmentálnych premenných ako faktor ovplyvňujúcich kondíciu mláďat trasochvosta žltého. Vplyv nemal výber potravného habitatu, ani počasie, od ktorého bola závislá aktivita hmyzu.

Autori vyslovili 3 hypotézy, ktoré by toto mohli vysvetľovať, pričom minimálne prvé dve sú úplne opačné než v predchádzajúcich prácach: „1. rodičia dokázali kompenzovať chudobnejšie habitaty zvýšením aktivity; 2. rodičia menia veľkosť znášky podľa habitatu; 3. iný faktor než habitat limituje kondíciu mláďat“ (Gilroy et al. 2009). Druhú z uvedených hypotéz podporujú práce na druhoch, ktoré ale nepatria medzi druhy poľnohospodárskej krajiny v centre záujmu tejto práce, napr. straka obyčajná (*Pica pica*) (Reese & Kadlec 2007), muchárik čiernohlavý (*Ficedula hypoleuca*) (Lundberg et al. 1981), lastovička dvojfarebná (*Tachycineta bicolor*) (Hussell & Quinney 1987) či tyran kráľovský (*Tyrannus tyrannus*) (Blancher & Robertson 2006), u ktorých bola preukázaná početnejšia znáška v teritóriách a habitatoch s dostatkom vhodnej potravy.

Kondícia a rýchlosť rastu mláďat škovránka poľného, pinky obyčajnej (*Fringilla coelebs*) a strnádky žltej nebola ovplyvnená dostupnosťou habitatov preferenčne využívaných rodičmi na vyhľadávanie potravy ani v práci Bradburyho et al. 2003. Autori predpokladali, že typ plodiny, hospodárenia a prítomnosti neproduktívnej vegetácie bude mať vplyv na kondíciu mláďat prostredníctvom rozdielnej potravnnej ponuky. To sa však nepotvrdilo, no v tomto prípade nebol robený zber hmyzu

v jednotlivých habitatoch. Je teda možné, že dostupnosť habitatov sama o sebe nemusí odrážať skutočnú dostupnosť (či v tomto prípade skôr prístupnosť) potravy. Druhá interpretácia a teda, že vplyv je skutočne nízky, by podporila hypotézu, ktorá hovorí, že rodičia sú schopní zvýšenou aktivitou vyrovnávať rozdiely priestorovej (habitaty) aj časovej (počasie) dostupnosti potravy v snahe udržať počet aj kvalitu mláďat (Bradbury et al. 2003). Množstvo bezstavovcov v okolí hniezd nemalo vplyv na rýchlosť rastu mláďat škovránka poľného a strnádky žltej ani v práci Murray (2004). Donald et al. (2001) identifikovali ako najdôležitejší faktor ovplyvňujúci kondíciu a rast mláďat environmentálne premenné dážď a s ním korelujúcu teplotu a počet hodín slnečného svitu.

Najdôležitejším faktorom stojacim za úhynom mláďat a neúspešným hniezdením rôznych druhov bola v mnohých štúdiách predácia - strnádka lúčna, s. trstinová (Crick et al. 1994); strnádka žltá (Bradbury et al. 2000; Murray 2004); škovránok poľný (Delius 1964; Donald et al. 2002; Murray 2004), cíbik chochlatý (Baines 1990), trasochvost žltý (Gilroy et al. 2011). Vtáky hniezdiace na zemi sú častou korisťou mnohých druhov živočíchov, vzhľadom na ľahkú dostupnosť tohto typu koristi (Krüger et al. 2018).

V súvislosti s poľnohospodárstvom je potrebné spomenúť, že potravná ponuka a predачný tlak môžu spolu súvisieť (Evans 2004). Mláďatá, ktoré trpia nedostatkom potravy, sa dlhšie a hlasnejšie ozývajú, čo atrahuje predátorov (Haskell 1994). To sa prejavilo u strnádky svrčivej, kedy za úhyny mláďat mohla predácia a úhyn hladom, pričom autori práce predpokladajú, že ak by mláďatá neboli predované, aj tak by uhynuli (Evans et al. 1997).

3. 3 Prístupnosť potravy

Dostupnosť potravy v zmysle vhodných habitatov s dostatočnými zdrojmi koristi nie sú jedinou podmienkou úspešného lovu, ovplyvňuje ho aj štruktúra porastu daného habitatu (Romanowski & Zmihorski 2008). Spájajú sa tu dva fenomény – fyzická prístupnosť (accessibility) k potrave a predácia (Atkinson, Buckingham & Morris 2004).

Výška rastlín sa behom sezóny zvyšuje v produkčných aj neprodukčných porastoch (Douglas, Vickery & Benton 2009). So zväčšujúcou sa výškou vzrastá množstvo hmyzu, no korisť sa stáva ťažšie rozpoznateľnou, čo znižuje efektivitu lovu, a zároveň znižuje šancu na detekciu predátora (Hoste-Danyłow, Romanowski & Zmihorski 2010). To v konečnom dôsledku vedie k paradoxným situáciám, kedy sa vtáky zámerne vyhýbajú miestam s väčším množstvom koristi a preferenčne využívajú chudobnejšie habitaty (Atkinson et al. 2005). Vyššie spomínaný pozitívny efekt okrajov sa tak môže v neskorších fázach sezóny úplne stratiť (Douglas, Vickery & Benton 2009). Autori uvedených štúdií preto došli k záveru, že štruktúra vegetácie môže zohrávať významnejšiu úlohu než celková abundancia potravy.

Vysoký porast môže spôsobiť aj opustenie hniezdných teritórií. Akonáhle bol porast príliš vysoký a rastliny poľahli, škovránky ihneď opustili teritória aj hniezda (Poulsen, Sotherton, & Aebischer 1998). Areály, kde dominujú obilniny (ktoré sa vyznačujú vysokým porastom v neskorších fázach sezóny), môžu limitovať aj dĺžku hniezdného obdobia u trasochvosta žltého, vzhľadom na avoidanciu tohto habitatu od určitej výšky rastlín (Gilroy et al. 2009).

Experimentálne kosené plochy v trávnatých okrajoch boli strnádkami žltými ihneď veľmi hojne využívané (Douglas, Vickery & Benton 2009). Tento typ menežmentu vytvorí mikrohabitaty, v ktorých sa aj malé druhy vtákov ľahko pohybujú, zároveň okolitý porast slúži ako bohatý zdroj bezstavovcov (Atkinson et al. 2005). V predchádzajúcom experimente so strnádkou žltou sa nenašiel rozdiel vo využívaní kosených a nekosených plôch, v tomto prípade to však bolo pravdepodobne spôsobené malou vzorkou (Perkins et al. 2002). Trade-off medzi rizikom predácie a množstvom koristi strnádky žltej potvrdzuje aj ďalšia štúdia (Dunn, Hamer & Benton 2010). V nej strnádky volili medzi nízkym a riedkym porastom s menším množstvom potravy, ale lepšou detektabilitou predátorov, a vyšším a hustejším porastom s väčším množstvom hmyzu, v ktorom ale trávili viac času detekciou predátorov. To viedlo nakoniec k tomu, že v čase zvýšených energetických nárokov mláďat, sa rodičia museli vystavovať väčšiemu riziku predácie a vyhľadávať potravu prioritne vo vyšších porastov s dostatkom koristi (Dunn, Hamer & Benton 2010).

Otvorené mikrohabitaty s nízkym porastom sú dôležité aj pre škovránka poľného, v práci Odderskæra et al. (1997) boli jedince označené vysielaczkami a preukázala sa silná preferencia vo vyhľadávaní potravy v koľajách od traktorov a na nezasiatych plochách s holou pôdou. V týchto miestach bolo opäť menej hmyzu než v okolitej plodine. Riedky porast a holú pôdu na vyhľadávanie potravy v pšenici využíval škovránok aj v práci Murray (2004). Preferenciu na vyhľadávanie potravy v koľajách v plodine našli Gilroy et al. (2009) aj u trasochvosta žltého. Potravné teritória tohto druhu boli asociované aj s nízkym riedkym porastom s plochami holej pôdy (Bradbury & Bradter 2004). V tomto prípade bola však dôležitá aj prítomnosť vysokého porastu v rámci rovnakého poľného bloku, v ktorom trasochvosty umiestňovali hniezda, pravdepodobne z dôvodu lepšej ochrany znášky pred predátormi (Bradbury & Bradter 2004). Vyšší a hustý porast využívali na hniezdenie aj strnádky lúčne (Perkins, Maggs & Wilson 2015).

Nízky porast sa počas hniezdnej sezóny udržuje aj na pasienkoch. Vtáky tu vyhľadávali potravu desať krát častejšie, aj keď na lúkach bola 2,5 krát vyššia denzita bezstavovcov. Preferencia pasienkov bola negatívne korelovaná s hmotnosťou tela, ako bolo už spomínané, menšie druhy vtákov majú problém s pohybom v hustej vysokej vegetácii a zároveň v nej majú zhoršenú detekciu predátorov (Romanowski & Zmihorski 2008). Významným parametrom bola v práci (Hoste-Danyłow et al. 2010) aj prítomnosť koní na pasienkoch. Tie inak predstavovali chudobný porast s malým množstvom hmyzu. Kombinácia nízkeho porastu a prítomnosti zvierat, ktoré atrahujú hmyz, však vytvorila vyhľadávaný habitat na lov koristi (Hoste-Danyłow et al. 2010).

Nízky porast na lúkach častejšie využívali aj mláďatá cíbika chochlátého (Devereux et al. 2004). V tomto prípade sa nelíšila abundancia bezstavovcov medzi nízkym a vysokým porastom, čo nasvedčuje tomu, že preferencia nízkeho porastu je podmienená jednoduchšou mobilitou mláďat a prístupnosťou potravy v ňom (Devereux et al. 2004).

3. 4 Populačné dôsledky zmien v potravnjej ponuke

Zmeny v potravnjej ponuke majú dokázateľný vplyv na úspešnosť hniezdenia (Brickle et al. 2000; Gołowski & Meissner 2008; Hill 1985; Potts & Aebischer 1994; Poulsen et al. 1998). Ovpływujú veľkosť znášky a kvalitu vajec, počet úspešne vyletených mláďat a ich kondíciu, prostredníctvom ktorej môže byť zhoršená aj samotná fitness daných jedincov (Martin 1987). Vplyv takýchto zmien bol preukázaný u viacerých druhov insektivorných poľných vtákov, napr. škovránok poľný (Kuiper et al. 2015), strnádka lúčna (Brickle et al. 2000), strnádka žltá (Hart et al. 2006), strnádka trstinová (Brickle & Peach 2004). Znížená potravná ponuka negatívne ovplyvňuje aj prežívanie jedincov mimo hniezdne obdobie (Donald & Forrest 1995; Peach, Siriwardena & Gregory 1999). Existuje však iba jeden prípad, kedy je dokázaný ich priamy vplyv na populačný trend – a to pri druhu jarabica poľná (Potts & Aebischer 1994). Pri všetkých ostatných druhoch je nedostatok informácií o úspešnosti hniezdenia, príčin mortality mimo hniezdneho obdobia a predovšetkým prežívania mláďat (Bright et al. 2008; Campbell et al. 1997; RSPB 2005; Stephens et al. 2003).

Chamberlain & Crick (1999) vo svojej práci uvádzajú, že v rokoch 1975 – 1994 populácie škovránka poľného vo Veľkej Británii klesli o približne 55 %, no úspešnosť hniezdenia v zmysle veľkosti znášky, počtu vyletených mláďat a ich prežívania sa medzičasom zlepšovala. Autori predpokladajú, že zmeny v reprodukčnom výkone neboli zodpovedné za tento úbytok, ako možné faktory navrhli: a) redukcii podielu jedincov zúčastňujúcich sa rozmnožovania za sezónu, b) redukcii počtu znášok na pár za sezónu, c) zvýšenú mortalitu mimo hniezdneho obdobia. Ďalším vysvetlením môže byť, že úspešnosť hniezdenia je hustotne závislá, zníženie populačnej denzity mohlo prostredníctvom zníženej kompetície o zdroje zvýšiť produktivitu jedincov (Chamberlain & Crick 1999).

Rovnako aj úspešnosť hniezdenia strnádky žltej a strnádky lúčnej (ďalej aj strnádka trstinová v práci Peach, Siriwardena & Gregory 1999) bola zvýšená v čase zmenšovania ich populácií (Siriwardena et al. 2000). Z 12 druhov poľných vtákov v tejto štúdií bol dokázaný vplyv zmien v úspešnosti hniezdenia na populačný trend len pre prevažne granivorného stehlíka konôpku. To môže nasvedčovať tomu, že dôležitejšími faktormi je spomínané prežívanie mláďat po opustení hniezda a / alebo počet znášok za sezónu (Siriwardena et al. 2000). Naopak výsledky práce autorov Brickle et al. (2000) naznačujú, že práve zmeny v reprodukčnej úspešnosti môžu byť príčinou úbytkov populácií strnádky lúčnej. Počet vyletených mláďat sám o sebe totiž nehovorí nič o tom, v akej kondícii sa vtáky nachádzajú. Ako bolo už spomínané, mláďatá, ktoré boli kŕmené homogénnou stravou či celkovo trpeli nedostatkom potravy, opúšťajú hniezdo s nedostatočnou hmotnosťou, čo sa môže prejaviť na ich prežívaní aj fitness (Naef-daenzer, Widmer & Nuber 2001; Lindström 1999).

Vyššia mortalita z dôvodu nedostatku potravy v zimnom období pravdepodobne predstavuje jeden z hlavných mechanizmov stojacich za negatívnymi populačnými trendami predovšetkým granivorných poľných spevavcov (Siriwardena, Calbrade & Vickery 2008). Znížená abundancia potravy je spôsobená väčšou efektívnosťou žatvy, uskladnenia obilia a stratou strnísk (Chamberlain & Crick 1999).

Tie predstavujú pre mnohé druhy (napr. strnádka žltá, s. lúčna, s. trstinová, škovránok poľný, jarabica poľná) preferovaný habitat na vyhľadávanie potravy (Donald & Evans 1994; Donald et al. 2001; Geiger et al. 2014; Moorcroft et al. 2002). Nedostatok potravy v zimnom období pravdepodobne predstavuje hlavnú príčinu negatívneho trendu v populáciách strnádky trstinovej (Peach, Siriwardena & Gregory 1999), rovnaký vzťah našli Donald & Forrest (1995) aj v prípade strnádky lúčnej.

Silnú evidenciu o výraznom vplyve zmien v kvalite a kvantite potravnjej ponuky na populácie poľných vtákov poskytol aj jeden z najdlhšie prebiehajúcich výskumov (Benton et al. 2002). Kontinuálny zber hmyzu počas takmer troch desaťročí ukázal zmenu v početnosti, ktorá bola korelovaná s denzitou vtákov. Vo všeobecnosti bolo viac vtákov v rokoch, ktoré nasledovali po rokoch bohatých na hmyz. To by nasvedčovalo tomu, že dostupnosť potravy ovplyvnila vtáčie populácie práve prostredníctvom úspešnosti hniezdenia a prežívania počas zimy (Benton et al. 2002).

Zmeny v potravnjej ponuke preto sú podľa môjho názoru do veľkej miery zodpovedné za negatívne populačné trendy. Ich vplyv sa totiž prejavuje na viacerých úrovniach, ktoré je však zložité zahrnúť do jednej analýzy – ovplyvňujú úspešnosť hniezdenia (počet znášok za sezónu, počet a kvalitu vajec, prežívanie vyliahnutých mláďat, počet a prežívanie úspešne vyletených mláďat), kondíciu a fitness dospelých jedincov aj mortalitu v zimnom období. Zároveň nie sú takto kompletne informácie dostupné takmer pre žiadny druh inaktivných poľných vtákov, s výnimkou spomínanej jarabice poľnej, čo znemožňuje následné komplexné vyhodnotenie príčin zmien v populačných trendoch.

4 Syntéza

Za najdôležitejšie zmeny v potravnej ponuke je možné považovať:

- a) redukciu abundancie koristi v čase hniezdneho obdobia (Hart et al. 2006; Kuiper et al. 2015; Potts & Aebischer 1994) aj mimo neho (Donald & Forrest 1995; Peach et al. 1999)
- b) homogenizáciu potravy mláďat (Borg & Toft 2000; Donald et al. 2001);
- c) zhoršenú prístupnosť ku koristi spojenú so zvýšeným rizikom predácie vo vysokých porastoch plodín aj mimoprodukčných habitatov (Atkinson, Buckingham & Morris 2004; Dunn, Hamer & Benton 2010; Romanowski & Zmihorski 2008).

Tieto zmeny sú spôsobené:

- 1) znižovaním heterogenity krajiny v zmysle redukcie plochy mimoprodukčných habitatov, predovšetkým neintenzívnych bylenných a trávnatých porastov (Kuiper et al. 2013, Vickery, Carter & Fuller 2002; Vickery, Feber & Fuller 2009) a zväčšovania jednotlivých poľných blokov (Josefsson et al. 2013; Panek, 1997);
- 2) intenzívnejším používaním pesticídov - a to insekticídov (Hart et al. 2006; Kragten et al. 2011; Morris et al. 2005), herbicídov (Moreby & Southway 1999; Taylor, Maxwell & Boik 2006) aj fungicídov (Geiger et al. 2010);
- 3) zmenami v osevných postupoch - používaním ozimných typov plodín a vypustením úhorov z rotačných schém (Gilroy et al. 2009; Donald et al. 2001; Donald & Evans 1994).

A majú vplyv na:

- I. úspešnosť hniezdenia – počet znášok za sezónu (Brickle & Harper 2002, Gilroy et al. 2009), rast, vývoj a kondíciu mláďat (Borg & Toft 2000; Douglas, Moreby & Benton 2012; Southwood & Cross 2002, Kuiper et al. 2015), prežívanie mláďat (Brickle et al. 2000, Hill 1985);
- II. mortalitu v zimnom období (Donald & Forrest 1995; Peach, Siriwardena & Gregory 1999; Siriwardena, Calbrade & Vickery 2008);
- III. populačný trend (Potts & Aebischer 1994).

Prác, ktoré skúmali odpovede vtákov na tieto zmeny, nie je mnoho. Najlepšie preskúmaným druhom je v tejto súvislosti jarabica poľná, ďalej škovránok poľný, strnádka žltá a lúčna a trasochvost žltý. Každá z týchto prác však skúma odlišné mechanizmy, v odlišnom prostredí, minimum z nich sa venuje aj vplyvu na úspešnosť hniezdenia či prežívania mláďat.

V prípadoch, kedy nebol robený výskum simultánne na vtákoch aj bezstavovcoch, je pri vyvodzovaní záverov o vplyve zmien v potravnej ponuke nutné spájať rôzne práce, oddelene skúmajúce preferenčne využívané hniezdne a potravné habitaty a potravnú ponuku v nich, čo so sebou nesie riziko zlých interpretácií. Abundancia potravy totiž nie je jediným faktorom, ktorý ovplyvňuje výber habitatu, veľmi dôležitým, možno úplne kľúčovým faktorom, je prístupnosť potravy. To práce, ktoré skúmajú množstvo bezstavovcov, neberú do úvahy. Rovnako práce, ktoré zaznamenávajú využívané habitaty bez identifikácie množstva koristi v nich, sa vystavujú riziku, že nevyužívané habitaty vyhodnotia ako tie s malým množstvom potravy a naopak, čo opäť môže byť len efekt prístupnosti potravy.

5 Odporúčania pre menežment

Na základe informácií prezentovaných v tejto práci, by som z pohľadu potravnéj ponuky bezstavovcov ako opatrenia na podporu vtáčích populácií v agrárnej krajine navrhovala:

Vysievané bylinné pásy

Už v súčasnosti je veľmi často využívaným opatrením vysievanie bylinných pásov na okraje polí. Tie sa ukazujú ako vhodný hniezdny habitat (Bradbury et al. 2000; Murray 2004) aj miesto na zber potravy (Vickery et al. 2002; 2009). Ich limitáciou je predovšetkým menežment, ktorý musí byť správne aplikovaný (Westbury et al. 2017). Pokiaľ výška porastu dosiahne určitú úroveň, väčšina vtákov takéto habitaty prestane využívať aj napriek bohatým zdrojom koristi (Atkinson, Buckingham & Morris 2004; Atkinson et al. 2005). Ako veľmi účinný typ menežmentu sa ukazuje vytváranie kosených plôch v rámci bylinného pásu tak, aby sa striedal vysoký a nízky porast. To zabezpečí, že v rámci kosenej plochy majú vtáky ľahší prístup k potrave a okolitý porast slúži ako zdroj koristi (Douglas, Vickery & Benton 2009).

Opačný efekt má však výška na chrapkáča poľného (*Crex crex*), ktorý preferenčne využíva na hniezdenie aj zber potravy vysoký porast (Berg & Gustafson 2007; Berg & Hiron 2011). Vysoký porast plodín aj okrajov využívajú na hniezdenie aj strnádka lúčna a trasochvost žltý. Vzhľadom na to, že oba tieto druhy zároveň využívajú nízke riedke porasty na vyhľadávanie potravy, najefektívnejším riešením je vytvoriť heterogenitu v charaktere porastov na škálach jednotlivých polí a prilahlých neproduktívnych plochách (Bradbury & Bradter 2004; Perkins et al. 2015).

Negatívnym javom, ktorý však so sebou okraje nesú, je zvýšený pohyb predátorov (Donald et al. 2002; Gilroy et al. 2011; MacDonald & Bolton 2008; Morris & Gilroy 2008). Čiastočná eliminácia tohto javu by sa mohla dosiahnuť umiestňovaním pásov v rámci poľného bloku, nie na okraj polí (Morris & Gilroy 2008), tak aby nevznikali „tvrdé“ prechody (hard edges) v zmysle výšky porastov v jednotlivých habitatoch (Schneider, Low, Arlt, & Pärt 2012).

Zmenšovanie poľných blokov

Ďalším často vyzdvihovaným opatrením je zmenšovanie jednotlivých poľných blokov (Hass et al. 2018; Šálek et al. 2018). To vytvára heterogenitu v plodinách, prípadne aj v množstve mimoproduktívnych plôch (Benton et al. 2003), čo pozitívne vplyva na množstvo bezstavovcov (Jonsen & Fahrig 1997; Panek 1997). Vzhľadom na rozdielnu výšku a hustotu porastov jednotlivých plodín a načasovania menežmentu na poliach, ich diverzita zároveň poskytuje hniezdne a potravné možnosti počas celej sezóny bez toho, aby vtáky museli opustiť svoje teritóriá (Gilroy et al. 2009; Wilson et al. 1997).

Organické poľnohospodárstvo

Organické poľnohospodárstvo predstavuje ďalší spôsob, ktorý môže zlepšiť podmienky pre poľné vtáky. Pozitívny vplyv organických fariem na početnosť aj diverzitu vtákov popisujú viaceré štúdie (Beecher et al. 2002; Fuller et al. 2005; Chamberlain et al. 1999; Christensen et al. 1996; Kragten, Trimboš & de Snoo 2008,).

Vo všeobecnosti sú jeho najdôležitejšími benefitmi: a) vylúčenie herbicídov – väčšia diverzita rastlín predstavujúcich živné rastliny pre väčší počet druhov hmyzu (Christensen, Jacobsen & Nohr 1996), b) vylúčenie insekticídov – priamy vplyv na množstvo bezstavovcov (Kragten et al. 2011), c) väčšinou väčší podiel mimoprodukčných habitatov na farmu – výskyt na hmyz bohatých miest (napr. bylinné pásy / okraje) (Beecher et al. 2002), d) väčšinou menšie polia - vyššia heterogenita na úrovni krajiny, ktorá môže generovať väčšie množstvo hmyzu (Chamberlain, Wilson & Fuller 1999).

Z pohľadu potravných ponuky je podľa môjho názoru najväčším prínosom väčšia abundancia potravy priamo v plodine. Keďže okraje polí väčšinou poskytujú väčšie množstvo koristi, vtáky preferenčne umiestňujú hniezda do ich blízkosti. To so sebou nesie vyššie riziko predácie a vtáky sa tak dostávajú do „ekologickej pasce“ (ecological trap) (Gilroy et al. 2011). Umiestnenie hniezda ďalej od okraja do plodiny s dostatkom koristi zníži riziko predácie a zároveň nemusia rodičia lietať za potravou príliš ďaleko. Ako bolo už spomínané vyššie, to so sebou nesie opäť zvýšené riziko predácie, keďže hladné mláďatá sa dlhšie a hlasnejšie ozývajú (Haskell 1994).

Viacere štúdie popisujú, že organické hospodárenie malo najsilnejší efekt na škovránka poľného (Chamberlain, Wilson, & Fuller 1999; Steven Kragten & de Snoo 2008). Ako u jedného z mála druhov poľných vtákov bolo u neho zaznamenané preferenčné hniezdenie vo väčších poliach a ďalej od okrajov (Batáry et al., 2010), ako pôvodne druh otvorených stepí sa úplne vyhýba okrajom s drevinovým porastom (Copland et al. 2012). Preto si myslím, že nižšie dávky pesticídov (či ich úplné vylúčenie) by mali minimálne na tento vtáčí druh väčší pozitívny efekt než predchádzajúce dva návrhy.

Úhory, strniská, neintenzívne lúky a pasienky

Úhory predstavujú vhodný hniezdny a potravný habitat viacerých druhov poľných vtákov (Berg 1992; Goławski & Goławska 2008; Wilson & Browne 1993). Vzhľadom na to, že sa na danom poľnom bloku neohospodári, eliminuje sa negatívny vplyv pesticídov aj priama mortalita mláďat spôsobená poľnohospodárskou technikou (Poulsen et al. 1998). Vyššia diverzita rastlín umožňuje prežívanie väčšieho počtu druhov bezstavovcov a zároveň sa tu vytvára bohatšia semenná banka (Kovács-Hostyánszki et al. 2011). Preto sú úhory vyhľadávaným potravným habitatom aj v zimnom období. V tom sa uplatňujú aj strniská, ktoré pod vplyvom prechodu na ozimné typy plodín z krajiny tiež ubúdajú (Moorcroft et al. 2002). Ich znovu zaradenie do rotačných schém by preto prinieslo výrazné zlepšenie potravných možností v hniezdom aj zimnom období (Henderson et al. 2000; Siriwardena et al. 2008).

Podobný habitat predstavujú aj neintenzívne využívané lúky a pasienky (Berg & Hiron 2012; Poulsen et al. 1998). V prípade lúk je potrebné zabezpečiť menežment udržiavajúci porast v optimálnej výške, so správnym načasovaním kosby, aby sa predišlo zničeniu hniezd a úhynom mláďat (Berg & Gustafson 2007; Perkins et al. 2013). Vzhľadom na to, že na pasienkoch sa činnosťou zvierat vytvárajú plochy s nízkym porastom a samotné zvieratá atrahujú hmyz, tieto predstavujú takisto vhodný habitat pre poľné vtáky (Hoste-Danyłow et al. 2010). Potrebné je však udržať počty zvierat na relatívne nízkej úrovni, aby nedochádzalo k ničeniu hniezd (Sabatier et al. 2015; Vickery et al. 2001).

Záver

Zmeny v potravnjej ponuke majú preukázateľný vplyv na fitness a hniezdnu produktivitu poľných vtákov. Výsledky dlhodobých monitoringov zároveň ukazujú, že početnosť insektivorných poľných vtákov v Európe kontinuálne klesá. Mechanistický vzťah medzi týmito javmi sa zatiaľ nepodarilo dost presvedčivo preukázať, naopak z (nemnohých) doterajších štúdií vplyva, že u klesajúcich populácií produktivita skôr rastie. Tá však nevypovedá o tom, v akej kondícii sa mláďatá nachádzajú a aká je ich fitness.

Prostredníctvom vplyvu na úspešnosť hniezdenia, následného prežívania mláďat a mortalite spôsobenej nedostatkom potravy v zimnom období môžu potenciálne predstavovať faktor zodpovedný za negatívne populačné trendy. To sa potvrdilo pri jarabici poľnej, pre ktorú ako pre jediný druh sú známe kompletne informácie o úspešnosti hniezdenia, ale aj následného prežívania mláďat. Na základe podrobného monitoringu jej populácií vo Veľkej Británii sa podarilo identifikovať, že dostupnosť a abundancia potravy sú skutočne príčinou prudkých úbytkov. Pri ostatných druhoch insektivorných poľných vtákov chýbajú takéto informácie a je teda momentálne nemožné vyhodnotiť konkrétne príčiny úbytkov ich populácií. Ďalší výskum by teda mal byť zameraný predovšetkým na autekológiu jednotlivých druhov, s cieľom popísať kľúčové mechanizmy zodpovedné za (ne)úspešnosť hniezdenia, následného prežívania mláďat aj adultov a faktorov ovplyvňujúcich ich mortalitu.

Veľmi málo prác skúmajúcich poľné vtáky (a to predovšetkým z pohľadu potravnjej ponuky) je v krajinách strednej a východnej Európy, ktoré prešli rozdielnym vývojom než tie na západe. Pritom štúdie skúmajúce úbytky poľných vtákov v týchto krajinách prišli vo viacerých oblastiach k odlišným výsledkom. Najdôležitejším rozdielom je pravdepodobne to, že na mnohých miestach nedošlo k intenzifikácii poľnohospodárstva a aj napriek tomu poľné vtáky ubúdajú. Prudké zmeny nastali aj po vstupe krajín do Európskej únie a prijatí Spoločnej agrárnej politiky. S cieľom lepšie nastaviť agroenvironmentálne opatrenia slúžiace k podpore biodiverzity a eliminácie negatívnych vplyvov poľnohospodárstva, tu je preto potrebné zintenzívniť výskum a identifikovať mechanizmy, ktoré ovplyvňujú populácie vtákov v kontexte odlišného prostredia, než z ktorého pochádza väčšina zistení v tejto problematike.

V nadväzujúcej diplomovej práci sa preto zameriam na faktory ovplyvňujúce výber teritórií insektivorných poľných vtákov počas hniezdného obdobia s prioritným zameraním na potravnú ponuku v oblasti západného Slovenska.

Zoznam použitej literatúry

- Atkinson, P. W., Buckingham, D., & Morris, A. J. (2004). What factors determine where invertebrate-feeding birds forage in dry agricultural grasslands? *Ibis*, *146*(Suppl. 2), 99–107.
- Atkinson, P. W., Fuller, R. J., Vickery, J. A., Conway, G. J., Tallowin, J. R. B., Smith, R. E. N., ... Brown, V. K. (2005). Influence of agricultural management, sward structure and food resources on grassland field use by birds in lowland England. *Journal of Applied Ecology*, *42*(5), 932–942.
- Baines, D. (1990). The Roles of Predation, Food and Agricultural Practice in Determining the Breeding Success of the Lapwing (*Vanellus vanellus*) on Upland Grasslands. *Journal of Animal Ecology*, *59*(3), 915–929.
- Bas, Y., Renard, M., & Jiguet, F. (2009). Nesting strategy predicts farmland bird response to agricultural intensity. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *134*(3–4), 143–147.
- Batáry, P., Dicks, L. V., Kleijn, D., & Sutherland, W. J. (2015). The role of agri-environment schemes in conservation and environmental management. *Conservation Biology*, *29*(4), 1006–1016.
- Batáry, P., Matthiesen, T., & Tschamtker, T. (2010). Landscape-moderated importance of hedges in conserving farmland bird diversity of organic vs. conventional croplands and grasslands. *Biological Conservation*, *143*(9), 2020–2027.
- Beecher, N. A., Johnson, R. J., Brandle, J. R., Case, R. M., & Young, L. J. (2002). Agroecology of Birds in Organic and Nonorganic Farmland. *Conservation Biology*, *16*(6), 1620–1631.
- Benton, T. G., Bryant, D. M., Cole, L., & Crick, H. Q. P. (2002). Linking agricultural practice to insect and bird populations: a historical study over three decades. *Journal of Applied Ecology*, *39*(4), 673–687.
- Benton, T. G., Vickery, J. A., & Wilson, J. D. (2003). Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key? *Trends in Ecology & Evolution*, *18*(4), 182–188.
- Berg, Å. (1992). Factors affecting nest-site choice and reproductive success of Curlews *Numenius arquata* on farmland. *Ibis*, *134*(1), 44–51.
- Berg, Å., & Hiron, M. (2012). Occurrence of Corncrakes *Crex crex* in mosaic farmland landscapes in south-central Sweden – effects of habitat and landscape structure. *Bird Conservation International*, *22*(2), 234–245.
- Berg, Å., & Gustafson, T. (2007). Meadow management and occurrence of corncrake *Crex crex*. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *120*(2–4), 139–144.
- Blancher, P. J., & Robertson, R. J. (1985). Site Consistency in Kingbird Breeding Performance: Implications for Site Fidelity. *The Journal of Animal Ecology*, *54*(3), 1017.
- Boag, P. T. (1987). Effects of Nestling Diet on Growth and Adult Size of Zebra Finches (*Poephila guttata*). *The Auk*, *104*(2), 155–166.

- Boatman, N. D., Brickle, N. W., Hart, J. D., Milsom, T. P., Morris, A. J., Murray, A. W. A., ... Robertson, P. A. (2004). Evidence for the indirect effects of pesticides on farmland birds. *Ibis*, *146*(SUPPL. 2), 131–143.
- Borg, C., & Toft, S. (2000). Importance of insect prey quality for grey partridge chicks *Perdix perdix*: a self-selection experiment. *Journal of Applied Ecology*, *37*(4), 557–563.
- Bowler, D. E., Heldbjerg, H., Fox, A. D., Jong, M., & Böhning-Gaese, K. (2019). Long-term declines of European insectivorous bird populations and potential causes. *Conservation Biology*, *0*(0), 1–11.
- Bradbury, R. B., & Bradter, U. (2003). Habitat associations of Yellow Wagtails *Motacilla flava flavissima* on lowland wet grassland. *Ibis*, *146*(2), 241–246.
- Bradbury, R. B., Kyrkos, A., Morris, A. J., Clark, S. C., Perkins, A. J., & Wilson, J. D. (2000). Habitat associations and breeding success of yellowhammers on lowland farmland. *Journal of Applied Ecology*, *37*(5), 789–805.
- Bradbury, R. B., Wilson, J. D., Moorcroft, D., Morris, A. J., & Perkins, A. J. (2003). Habitat and weather are weak correlates of nestling condition and growth rates of four UK farmland passerines. *Ibis*, *145*(2), 295–306.
- Brickle, N. W., & Peach, W. J. (2004). The breeding ecology of Reed Buntings *Emberiza schoeniclus* in farmland and wetland habitats in lowland England. *Ibis*, *146*(SUPPL. 2), 69–77.
- Brickle, N. W., & Harper, D. G. C. (1999). Diet of nestling Corn Buntings *Miliaria calandra* in southern England examined by compositional analysis of faeces. *Bird Study*, *46*(3), 319–329.
- Brickle, N. W., & Harper, D. G. C. (2002). Agricultural intensification and the timing of breeding of Corn Buntings *Miliaria calandra*. *Bird Study*, *49*(3), 219–228.
- Brickle, N. W., Harper, D. G. C., Aebischer, N. J., & Cockayne, S. H. (2000). Effects of agricultural intensification on the breeding success of corn buntings *Miliaria calandra*. *Journal of Applied Ecology*, *37*(5), 742–755.
- Bright, J. A., Morris, A. J., & Winspear, R. (2008). A review of Indirect Effects of Pesticides on Birds and mitigating land-management practices. *RSPB Research Report No 28*, 1–66. Retrieved from https://ww2.rspb.org.uk/Images/bright_morris_winspear_tcm9-192457.pdf
- Bryant, D. M. (1975). Establishment of weight hierarchies in the broods of House Martins *Delichon urbica*. *Ibis*, *120*(1), 16–26.
- Campbell, L. H., Avery, M. I., Donald, P., Evans, A. D., Green, R. E., & J.D., W. (1997). *A review of the indirect effect of pesticides on birds. JNCC Report. Joint Nature Conservation Committee* (Vol. No. 277).
- Chamberlain, D. E., & Crick, H. Q. P. (1999). Population declines and reproductive performance of Skylarks *Alauda arvensis* in different regions and habitats of the United Kingdom. *Ibis*, *141*(1), 38–51.

- Chamberlain, D. E., Wilson, J. D., & Fuller, R. J. (1999). A comparison of bird populations on organic and conventional farm systems in southern Britain. *Biological Conservation*, 88(3), 307–320.
- Christensen, K. D., Falk, K., & Petersen, B. S. (1996). *Feeding Biology of Danish Farmland Birds, Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen 12. Danish Environmental Protection Agency*. Copenhagen, Denmark. Retrieved from <https://www2.mst.dk/Udgiv/publications/1996/87-7810-558-7/pdf/87-7810-558-7.pdf>
- Christensen, K., Jacobsen, E., & Nohr, H. (1996). A comparative study of bird faunas in conventionally and organically farmed areas. *Dansk Ornitologisk Forenings Tidsskrift*, 90, 21–28. Retrieved from https://www.dof.dk/images/om_dof/publikationer/doft/dokumenter/doft_1996_1_4.pdf
- Copland, A. S., Crowe, O., Wilson, M. W., & O'Halloran, J. (2012). Habitat associations of Eurasian Skylarks *Alauda arvensis* breeding on Irish farmland and implications for agri-environment planning. *Bird Study*, 59(2), 155–165.
- Crick, H. Q. P., Dudley, C., Evans, A. D., & Smith, K. W. (1994). Causes of nest failure among buntings in the UK. *Bird Study*, 41(2), 88–94.
- Defra. (2018). *Wild Bird Populations in the UK, 1970 to 2017*. Retrieved from <https://www.gov.uk/government/statistics/wild-bird-populations-in-the-uk>
- Delius, J. D. (1964). A population study of Skylarks *Alauda arvensis*. *Ibis*, 107(4), 466–492.
- Devereux, C. L., McKeever, C. U., Benton, T. G., & Whittingham, M. J. (2004). The effect of sward height and drainage on Common Starlings *Sturnus vulgaris* and Northern Lapwings *Vanellus vanellus* foraging in grassland habitats. *Ibis*, 146(SUPPL. 2), 115–122.
- Dombrowski, A., & Golawski, A. (2002). Changes in numbers of breeding birds in an agricultural landscape of east-central Poland. *Vogelwelt*, 123(2), 79–88.
- Donald, P. F., & Evans, A. D. (1994). Habitat selection by Corn Buntings *Miliaria calandra* in winter. *Bird Study*, 41(3), 199–210.
- Donald, P. F., Evans, A. D., Muirhead, L. B., Buckingham, D. L., Kirby, W. B., & Schmitt, S. I. A. (2002). Survival rates, causes of failure and productivity of Skylark *Alauda arvensis* nests on lowland farmland. *Ibis*, 144(4), 652–664.
- Donald, P. F., & Forrest, C. (1995). The effects of agricultural change on population size of Corn Buntings *Miliaria calandra* on individual farms. *Bird Study*, 42(3), 205–215.
- Donald, P. F., Green, R. E., & Heath, M. F. (2001). Agricultural intensification and the collapse of Europe's farmland bird populations. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 268(1462), 25–29.

- Donald, P. F., Muirhead, L. B., Buckingham, D. L., Evans, A. D., Kirby, W. B., & Gruar, D. J. (2001). Body condition, growth rates and diet of Skylark *Alauda arvensis* nestlings on lowland farmland. *Ibis*, *143*(3), 658–669.
- Donald, P. F., Buckingham, D. L., Moorcroft, D., Muirhead, L. B., Evans, A. D., & Kirby, W. B. (2001). Habitat use and diet of skylarks *Alauda arvensis* wintering on lowland farmland in southern Britain. *Journal of Applied Ecology*, *38*(3), 536–547.
- Donald, P. F., Sanderson, F. J., Burfield, I. J., & van Bommel, F. P. J. (2006). Further evidence of continent-wide impacts of agricultural intensification on European farmland birds, 1990–2000. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *116*(3–4), 189–196.
- Douglas, D. J. T., Moreby, S. J., & Benton, T. G. (2012). Provisioning with cereal grain depresses the body condition of insectivorous Yellowhammer *Emberiza citrinella* nestlings. *Bird Study*, *59*(1), 105–109.
- Douglas, D. J. T., Vickery, J. A., & Benton, T. G. (2009). Improving the value of field margins as foraging habitat for farmland birds. *Journal of Applied Ecology*, *46*(2), 353–362.
- Dunn, J. C., Hamer, K. C., & Benton, T. G. (2010). Nest and foraging-site selection in Yellowhammers *Emberiza citrinella* : implications for chick provisioning. *Bird Study*, *57*(4), 531–539.
- Evans, A. D., Smith, K. W., Buckingham, D. L., & Evans, J. (1997). Seasonal variation in breeding performance and nestling diet of Cirl Buntings *Emberiza cirlus* in England. *Bird Study*, *44*(1), 66–79.
- Evans, K. L. (2004). The potential for interactions between predation and habitat change to cause population declines of farmland birds. *Ibis*, *146*(1), 1–13.
- Fowler, A. C., Knight, R. L., L., G. T., & McEwen, L. C. (1991). Effects of Avian Predation on Grasshopper Populations in North Dakota Grasslands. *Ecology*, *72*(5), 1775–1781.
- Frank, T. (1999). Density of adult hoverflies (Dipt., Syrphidae) in sown weed strips and adjacent fields. *Journal of Applied Entomology*, *123*(6), 351–355.
- Fretwell, S. D., & Calver, J. S. (1969). On territorial behavior and other factors influencing habitat distribution in birds. *Acta Biotheoretica*, *19*(1), 37–44.
- Fuller, R. J., Gregory, R. D., Gibbons, D. W., Marchant, J. H., Wilson, J. D., Baillie, S. R., & Carter, N. (1995). Population Declines and Range Contractions among Lowland Farmland Birds in Britain. *Conservation Biology*, *9*(6), 1425–1441.
- Fuller, R. J., & Gough, S. . (1999). Changes in sheep numbers in Britain: implications for bird populations. *Biological Conservation*, *91*(1), 73–89.
- Fuller, R. J. (2000). Relationships between recent changes in lowland British agriculture and farmland bird populations: an overview. In N. J. Aebischer, A. D. Evans, P. V. Grice, & J. A. Vickery (Eds.), *Ecology and Conservation of Lowland Farmland Birds* (Vol. 1, pp. 5–16).

- Galbraith, H. (1987). The diet of Lapwing *Vanellus vanellus* chicks on Scottish farmland. *Ibis*, *131*(1), 80–84.
- Geiger, F., Bengtsson, J., Berendse, F., Weisser, W. W., Emmerson, M., Morales, M. B., ... Inchausti, P. (2010). Persistent negative effects of pesticides on biodiversity and biological control potential on European farmland. *Basic and Applied Ecology*, *11*(2), 97–105.
- Geiger, F., Hegemann, A., Gleichman, M., Flinks, H., de Snoo, G. R., Prinz, S., ... Berendse, F. (2014). Habitat use and diet of Skylarks (*Alauda arvensis*) wintering in an intensive agricultural landscape of the Netherlands. *Journal of Ornithology*, *155*(2), 507–518.
- Gilroy, J. J., Anderson, G. Q. A., Grice, P. V., Vickery, J. A., & Sutherland, W. J. (2010). Mid-season shifts in the habitat associations of Yellow Wagtails *Motacilla flava* breeding in arable farmland. *Ibis*, *152*(1), 90–104.
- Gilroy, J. J., Anderson, G. Q. A., Vickery, J. A., Grice, P. V., & Sutherland, W. J. (2011). Identifying mismatches between habitat selection and habitat quality in a ground-nesting farmland bird. *Animal Conservation*, *14*(6), 620–629.
- Gilroy, J. J., Anderson, G. Q. A., Grice, P. V., Vickery, J. A., Bray, I., Nicholas Watts, P., & Sutherland, W. J. (2008). Could soil degradation contribute to farmland bird declines? Links between soil penetrability and the abundance of yellow wagtails *Motacilla flava* in arable fields. *Biological Conservation*, *141*(12), 3116–3126.
- Gilroy, J. J., Anderson, G. Q. A., Grice, P. V., Vickery, J. A., Watts, P. N., & Sutherland, W. J. (2009). Foraging habitat selection, diet and nestling condition in Yellow Wagtails *Motacilla flava* breeding on arable farmland. *Bird Study*, *56*(2), 221–232.
- Gołowski, A., & Gołowska, S. (2008). Habitat Preference in Territories of the Red-Backed Shrike *Lanius Collurio* and Their Food Richness in an Extensive Agriculture Landscape. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, *54*(1), 89–97.
- Gołowski, A. (2006). Changes in Numbers of Some Bird Species in the Agricultural Landscape of Eastern Poland. *Ring*, *28*(2).
- Gołowski, A., & Meissner, W. (2008). The influence of territory characteristics and food supply on the breeding performance of the Red-backed Shrike (*Lanius collurio*) in an extensively farmed region of eastern Poland. *Ecological Research*, *23*(2), 347–353.
- Green, R. E. (1984). The Feeding Ecology and Survival of Partridge Chicks (*Alectoris rufa* and *Perdix perdix*) on Arable Farmland in East Anglia. *The Journal of Applied Ecology*, *21*(3), 817.
- Hallmann, C. A., Sorg, M., Jongejans, E., Siepel, H., Hofland, N., Schwan, H., ... de Kroon, H. (2017). More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLOS ONE*, *12*(10).

- Hanzelka, J., Telenský, T., & Reif, J. (2015). Patterns in long-term changes of farmland bird populations in areas differing by agricultural management within an Eastern European country. *Bird Study*, 62(3), 315–330.
- Hart, J. D., Milsom, T. P., Fisher, G., Wilkins, V., Moreby, S. J., Murray, A. W. A., & Robertson, P. A. (2006). The relationship between yellowhammer breeding performance, arthropod abundance and insecticide applications on arable farmland. *Journal of Applied Ecology*, 43(1), 81–91.
- Haskell, D. (1994). Experimental evidence that nestling begging behaviour incurs a cost due to nest predation. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 257(1349), 161–164.
- Hass, A. L., Kormann, U. G., Tschardt, T., Clough, Y., Baillod, A. B., Sirami, C., ... Batáry, P. (2018). Landscape configurational heterogeneity by small-scale agriculture, not crop diversity, maintains pollinators and plant reproduction in western Europe. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 285(1872).
- Heldbjerg, H., Sunde, P., & Fox, A. D. (2018). Continuous population declines for specialist farmland birds 1987-2014 in Denmark indicates no halt in biodiversity loss in agricultural habitats. *Bird Conservation International*, 28(2), 278–292.
- Henderson, I. G., Cooper, J., Fuller, R. J., & Vickery, J. (2000). The relative abundance of birds on set-aside and neighbouring fields in summer. *Journal of Applied Ecology*, 37(2), 335–347.
- Henderson, I. G., Fuller, R. J., Conway, G. J., & Gough, S. J. (2004). Evidence for declines in populations of grassland-associated birds in marginal upland areas of Britain. *Bird Study*, 51(1), 12–19.
- Herrera, C. M., Jordano, P., Lopez-Soria, L., & Amat, J. A. (1994). Recruitment of a Mast-Fruiting, Bird-Dispersed Tree: Bridging Frugivore Activity and Seedling Establishment. *Ecological Monographs*, 64(3), 315–344.
- Hill, D. A. (1985). The Feeding Ecology and Survival of Pheasant Chicks on Arable Farmland. *The Journal of Applied Ecology*, 22(3), 645.
- Holland, J. M., Hutchison, M. A. S., Smith, B., & Aebischer, N. J. (2006). A review of invertebrates and seed-bearing plants as food for farmland birds in Europe. *Annals of Applied Biology*, 148(1), 49–71.
- Holland, J. M., Smith, B. M., Birkett, T. C., & Southway, S. (2012). Farmland bird invertebrate food provision in arable crops. *Annals of Applied Biology*, 160(1), 66–75.
- Holmes, R. T., Schultz, J. C., & Nothnagle, P. (1979). Bird Predation on Forest Insects: An Exclosure Experiment. *Science*, 206(4417), 462–463.
- Hoste-Danyłow, A., Romanowski, J., & Żmihorski, M. (2010). Effects of management on invertebrates and birds in extensively used grassland of Poland. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 139(1–2), 129–133.

- Hussell, D. J. T., & Quinney, T. E. (1985). Food abundance and clutch size of Tree Swallows *Tachycineta bicolor*. *Ibis*, *129*, 243–258.
- Johnston, R. D. (1993). Effects of Diet Quality on the Nestling Growth of a Wild Insectivorous Passerine, the House Martin *Delichon urbica*. *Functional Ecology*, *7*(3), 255.
- Jonsen, I. D., & Fahrig, L. (1997). Response of generalist and specialist insect herbivores to landscape spatial structure. *Landscape Ecology*, *12*(3), 185–197.
- Josefsson, J., Berg, Å., Hiron, M., Pärt, T., & Eggers, S. (2013). Grass buffer strips benefit invertebrate and breeding skylark numbers in a heterogeneous agricultural landscape. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *181*, 101–107.
- Kovács-Hostyánszki, A., Körösi, Á., Orci, K. M., Batáry, P., & Báldi, A. (2011). Set-aside promotes insect and plant diversity in a Central European country. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *141*(3–4), 296–301.
- Kragten, S., Tamis, W. L. M., Gertenaar, E., Midcap Ramiro, S. M., Van Der Poll, R. J., Wang, J., & De Snoo, G. R. (2011). Abundance of invertebrate prey for birds on organic and conventional arable farms in the Netherlands. *Bird Conservation International*, *21*(1), 1–11.
- Kragten, S. (2011). Shift in crop preference during the breeding season by Yellow Wagtails *Motacilla flava flava* on arable farms in The Netherlands. *Journal of Ornithology*, *152*(3), 751–757.
- Kragten, S., & de Snoo, G. R. (2008). Field-breeding birds on organic and conventional arable farms in the Netherlands. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *126*(3–4), 270–274.
- Kragten, S., Trimbos, K. B., & de Snoo, G. R. (2008). Breeding skylarks (*Alauda arvensis*) on organic and conventional arable farms in The Netherlands. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *126*(3–4), 163–167.
- Krebs, J. R., & Avery, M. I. (1984). Chick growth and prey quality in the European Bee-eater (*Merops apiaster*). *Oecologia*, *64*(3), 363–368.
- Krüger, H., Väänänen, V.-M., Holopainen, S., & Nummi, P. (2018). The new faces of nest predation in agricultural landscapes—a wildlife camera survey with artificial nests. *European Journal of Wildlife Research*, *64*(6), 76.
- Kuiper, M. W., Ottens, H. J., Cenin, L., Schaffers, A. P., van Ruijven, J., Koks, B. J., ... de Snoo, G. R. (2013). Field margins as foraging habitat for skylarks (*Alauda arvensis*) in the breeding season. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *170*, 10–15.
- Kuiper, M. W., Ottens, H. J., van Ruijven, J., Koks, B. J., de Snoo, G. R., & Berendse, F. (2015). Effects of breeding habitat and field margins on the reproductive performance of Skylarks (*Alauda arvensis*) on intensive farmland. *Journal of Ornithology*, *156*(3), 557–568.

- Lichtenberg, E. M., Kennedy, C. M., Kremen, C., Batáry, P., Berendse, F., Bommarco, R., ... Crowder, D. W. (2017). A global synthesis of the effects of diversified farming systems on arthropod diversity within fields and across agricultural landscapes. *Global Change Biology*, 23(11), 4946–4957.
- Lindström, J. (1999). Early development and fitness in birds and mammals. *Trends in Ecology & Evolution*, 14(9), 343–348.
- Lundberg, A., Alatalo, R. V, Carlson, A., & Ulfstrand, S. (1981). Biometry, Habitat Distribution and Breeding Success in the Pied Flycatcher *Ficedula hypoleuca*. *Ornis Scandinavica*, 12(1), 68.
- MacDonald, M. A., & Bolton, M. (2008). Predation of Lapwing *Vanellus vanellus* nests on lowland wet grassland in England and Wales: effects of nest density, habitat and predator abundance. *Journal of Ornithology*, 149(4), 555–563.
- Magrath, R. D. (1991). Nestling Weight and Juvenile Survival in the Blackbird, *Turdus merula*. *The Journal of Animal Ecology*, 60(1), 335.
- Marshall, E. J. ., & Moonen, A. . (2002). Field margins in northern Europe: their functions and interactions with agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 89(1–2), 5–21.
- Marshall, J., Brown, V., Boatman, N., Lutman, P., & Squire, G. (2001). The impact of herbicides on weed abundance and biodiversity PN0940. *A Report for the UK Pesticides Safety Directorate. IACR-Long Ashton Research Station*. Retrieved from http://www.hse.gov.uk/pesticides/resources/R/Research_PN0940.pdf
- Martin, T. E. (1987). Food as a Limit on Breeding Birds: A Life-History Perspective. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 18(1), 453–487.
- McHugh, N. M., Goodwin, C. E. D., Hughes, S., Leather, S. R., & Holland, J. M. (2016). Agri-Environment Scheme Habitat Preferences of Yellowhammer *Emberiza citrinella* on English Farmland. *Acta Ornithologica*, 51(2), 199–209.
- Moorcroft, D., Whittingham, M. J., Bradbury, R. B., & Wilson, J. D. (2002). The selection of stubble fields by wintering granivorous birds reflects vegetation cover and food abundance. *Journal of Applied Ecology*, 39(3), 535–547.
- Moreby, S. ., & Stoate, C. (2001). Relative abundance of invertebrate taxa in the nestling diet of three farmland passerine species, Dunnock *Prunella modularis*, Whitethroat *Sylvia communis* and Yellowhammer *Emberiza citrinella* in Leicestershire, England. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 86(2), 125–134.
- Moreby, S., & Southway, S. E. (1999). Influence of autumn applied herbicides on summer and autumn food available to birds in winter wheat fields in southern England. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 72(3), 285–297.

- Morris, A. J., & Gilroy, J. J. (2008). Close to the edge: Predation risks for two declining farmland passerines. *Ibis*, *150*(SUPPL.1), 168–177.
- Morris, A. J., Wilson, J. D., Whittingham, M. J., & Bradbury, R. B. (2005). Indirect effects of pesticides on breeding yellowhammer (*Emberiza citrinella*). *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *106*(1), 1–16.
- Murphy, M. T. . (1986). Body Size and Condition, Timing of Breeding, and Aspects of Egg Production in Eastern Kingbirds. *The Auk*, *103*(3), 465–476.
- Murray, K. A. (2004). Factors affecting foraging by breeding farmland birds. *PhD Thesis. The Open University*. Retrieved from <http://oro.open.ac.uk/54449/>
- Naef-daenzer, B., Widmer, F., & Nuber, M. (2001). Differential post-fledging survival of great and coal. *Journal of Animal Ecology*, *70*(5), 730–738.
- Nen, R. A. V. I. S. (1984). Reproduction of Pied Flycatchers (*Ficedula hypoleuca*) in Good and Bad Breeding Seasons in a Northern Marginal Area. *The Auk*, *101*(3), 439–450.
- Newton, I. (1998). Food-supply. In *Population Limitation in Birds* (pp. 145–189). Academic Press.
- Newton, I. (2004). The recent declines of farmland bird populations in Britain: an appraisal of causal factors and conservation actions. *Ibis*, *146*(4), 579–600.
- Odderskær, P., Prang, A., Poulsen, J. G., Andersen, P. N., & Elmegaard, N. (1997). Skylark (*Alauda arvensis*) utilisation of micro-habitats in spring barley fields. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *62*(1), 21–29.
- Ottens, H. J., Kuiper, M. W., Flinks, H., Ruijven, J. van, Siepel, H., Koks, B. J., ... Snoo, G. R. de. (2014). Do Field Margins Enrich the Diet of the Eurasian Skylark *Alauda arvensis* on Intensive Farmland? *Ardea*, *102*(2), 161–174.
- Panek, M. (1997). The Effect of Agricultural Landscape Structure on Food Resources and Survival of Grey Partridge *Perdix Perdix* Chicks in Poland. *The Journal of Applied Ecology*, *34*(3), 787.
- Peach, W. J., Siriwardena, G. M., & Gregory, R. D. (1999). Long-term changes in over-winter survival rates explain the decline of reed buntings *Emberiza schoeniclus* in Britain. *Journal of Applied Ecology*, *36*(5), 798–811.
- Perkins, A. J., Maggs, H. E., & Wilson, J. D. (2015). Crop sward structure explains seasonal variation in nest site selection and informs agri-environment scheme design for a species of high conservation concern: the Corn Bunting *Emberiza calandra*. *Bird Study*, *62*(4), 474–485.
- Perkins, A. J., Maggs, H. E., Wilson, J. D., & Watson, A. (2013). Delayed mowing increases corn bunting *Emberiza calandra* nest success in an agri-environment scheme trial. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, *181*, 80–89.

- Perkins, A. J., Whittingham, M. J., Morris, A. J., & Bradbury, R. B. (2002). Use of field margins by foraging yellowhammers *Emberiza citrinella*. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *93*(1–3), 413–420.
- Potts, G. R. (1986). *The Partridge. Pesticides, Predation and Conservation*. London Collins.
- Potts, G. R., & Aebischer, N. J. (1994). Population dynamics of the Grey Partridge *Perdix perdix* 1793–1993: monitoring, modelling and management. *Ibis*, *137*(1), S29–S37.
- Poulsen, J. G., Sotherton, N. W., & Aebischer, N. J. (1998). Comparative Nesting and Feeding Ecology of Skylarks *Alauda arvensis* on Arable Farmland in Southern England. *Journal of Applied Ecology*, *35*(1), 131–147.
- Powney, G. D., Carvell, C., Edwards, M., Morris, R. K. A., Roy, H. E., Woodcock, B. A., & Isaac, N. J. B. (2019). Widespread losses of pollinating insects in Britain. *Nature Communications*, *10*(1), 1018.
- Rands, M. R. W. (1985). Pesticide Use on Cereals and the Survival of Grey Partridge Chicks: A Field Experiment. *The Journal of Applied Ecology*, *22*(1), 49.
- Reese, K. P., & Kadlec, J. A. (1985). Influence of High Density and Parental Age on the Habitat Selection and Reproduction of Black-Billed Magpies. *The Condor*, *87*(1), 96–105.
- Reif, J., Storch, D., Voříšek, P., Šťastný, K., & Bejček, V. (2008). Bird-habitat associations predict population trends in central European forest and farmland birds. *Biodiversity and Conservation*, *17*(13), 3307–3319.
- Reif, J., & Vermouzek, Z. (2019). Collapse of farmland bird populations in an Eastern European country following its EU accession. *Conservation Letters*, *12*(1).
- Reif, J., & Hanzelka, J. (2016). Grassland winners and arable land losers: The effects of post-totalitarian land use changes on long-term population trends of farmland birds. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *232*(September), 208–217.
- Romanowski, J., & Zmihorski, M. (2008). Selection of foraging habitat by grassland birds: Effect of prey abundance or availability? *Polish Journal of Ecology*, *56*(2), 365–370.
- RSPB. (2005). *Assessing the indirect effects of pesticides on birds*. Royal Society for Protection of Birds. Retrieved from http://randd.defra.gov.uk/Document.aspx?Document=PN0925_2486_FRP.pdf
- Sabatier, R., Durant, D., Ferchichi, S., Haranne, K., Léger, F., & Tichit, M. (2015). Effect of cattle trampling on ground nesting birds on pastures: an experiment with artificial nests. *European Journal of Ecology*, *1*(2), 5–11.
- Šálek, M., Hula, V., Kipson, M., Daňková, R., Niedobová, J., & Gamero, A. (2018). Bringing diversity back to agriculture: Smaller fields and non-crop elements enhance biodiversity in intensively managed arable farmlands. *Ecological Indicators*, *90*(June 2017), 65–73.
- Sánchez-Bayo, F., & Wyckhuys, K. A. G. (2019). Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. *Biological Conservation*, *232*(September 2018), 8–27.

- Schneider, N. A., Low, M., Arlt, D., & Pärt, T. (2012). Contrast in Edge Vegetation Structure Modifies the Predation Risk of Natural Ground Nests in an Agricultural Landscape. *PLoS ONE*, 7(2), e31517.
- Sekercioglu, C. (2006). Increasing awareness of avian ecological function. *Trends in Ecology & Evolution*, 21(8), 464–471.
- Shortall, C. R., Moore, A., Smith, E., Hall, M. J., Woiwod, I. P., & Harrington, R. (2009). Long-term changes in the abundance of flying insects. *Insect Conservation and Diversity*, 2(4), 251–260.
- Siriwardena, G. M., Calbrade, N. A., & Vickery, J. A. (2008). Farmland birds and late winter food: does seed supply fail to meet demand? *Ibis*, 150(3), 585–595.
- Siriwardena, Gavin M., Baillie, S. R., Buckland, S. T., Fewster, R. M., Marchant, J. H., & Wilson, J. D. (1998). Trends in the abundance of farmland birds: a quantitative comparison of smoothed Common Birds Census indices. *Journal of Applied Ecology*, 35(1), 24–43. h
- Siriwardena, Gavin M., Baillie, S. R., Crick, H. Q. P., & Wilson, J. D. (2000). The importance of variation in the breeding performance of seed-eating birds in determining their population trends on farmland. *Journal of Applied Ecology*, 37(1), 128–148.
- Southwood, T. R. E., & Cross, D. J. (2002). Food requirements of grey partridge *Perdix perdix* chicks. *Wildlife Biology*, 8(1), 175–183.
- Southwood, T. Richard E., & Cross, D. J. (1969). The Ecology of the Partridge. *The Journal of Animal Ecology*, 38(3), 497.
- Stanton, R. L., Morrissey, C. A., & Clark, R. G. (2018). Analysis of trends and agricultural drivers of farmland bird declines in North America: A review. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 254(November 2017), 244–254.
- Stephens, P. A., Freckleton, R. P., Watkinson, A. R., & Sutherland, W. J. (2003). Predicting the response of farmland bird populations to changing food supplies. *Journal of Applied Ecology*, 40(6), 970–983.
- Stoate, C., Báldi, A., Beja, P., Boatman, N. D., Herzon, I., van Doorn, A., ... Ramwell, C. (2009). Ecological impacts of early 21st century agricultural change in Europe – A review. *Journal of Environmental Management*, 91(1), 22–46.
- Stoate, C., Moreby, S. J., & Szczur, J. (1998). Breeding ecology of farmland Yellowhammers *Emberiza citrinella*. *Bird Study*, 45(1), 109–121.
- Tapper, S. C., Potts, G. R., & Brockless, M. H. (1996). The Effect of an Experimental Reduction in Predation Pressure on the Breeding Success and Population Density of Grey Partridges *Perdix perdix*. *The Journal of Applied Ecology*, 33(5), 965.
- Taylor, R. L., Maxwell, B. D., & Boik, R. J. (2006). Indirect effects of herbicides on bird food resources and beneficial arthropods. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 116(3–4), 157–164.

- Vickery, J., Carter, N., & Fuller, R. J. (2002). The potential value of managed cereal field margins as foraging habitats for farmland birds in the UK. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 89(1–2), 41–52.
- Vickery, J. A., Tallowin, J. R., Feber, R. E., Asteraki, E. J., Atkinson, P. W., Fuller, R. J., & Brown, V. K. (2001). The management of lowland neutral grasslands in Britain: effects of agricultural practices on birds and their food resources. *Journal of Applied Ecology*, 38(3), 647–664.
- Vickery, J. A., Feber, R. E., & Fuller, R. J. (2009). Arable field margins managed for biodiversity conservation: A review of food resource provision for farmland birds. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 133(1–2), 1–13.
- Westbury, D. B., Woodcock, B. A., Harris, S. J., Brown, V. K., & Potts, S. G. (2017). Buffer strip management to deliver plant and invertebrate resources for farmland birds in agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 240, 215–223.
- Wilson, J. D., & Browne, S. J. (1993). *Habitat selection and breeding success of skylarks *Alauda arvensis* on organic and conventional farmland*. BTO Research Report No. 129. British Trust for Ornithology.
- Wilson, J. D., Evans, J., Browne, S. J., & King, J. R. (1997). Territory Distribution and Breeding Success of Skylarks *Alauda arvensis* on Organic and Intensive Farmland in Southern England. *The Journal of Applied Ecology*, 34(6), 1462.
- Wilson, J. D., Morris, A. J., Arroyo, B. E., Clark, S. C., & Bradbury, R. B. (1999). A review of the abundance and diversity of invertebrate and plant foods of granivorous birds in northern Europe in relation to agricultural change. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 75(1–2), 13–30.
- Woodcock, B. A., Westbury, D. B., Potts, S. G., Harris, S. J., & Brown, V. K. (2005). Establishing field margins to promote beetle conservation in arable farms. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 107(2–3), 255–266.
- Wretenberg, J., Lindström, Å., Svensson, S., Thierfelder, T., & Pärt, T. (2006). Population trends of farmland birds in Sweden and England: similar trends but different patterns of agricultural intensification. *Journal of Applied Ecology*, 43(6), 1110–1120.