

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra agroekologie a rostlinné produkce**



**Fakulta agrobiologie,  
potravinových a přírodních zdrojů**

**Vliv změny klimatických podmínek na druhové složení  
plevelného spektra**

**Bakalářská práce**

**Klára Keherová**

**Zemědělství a rozvoj venkova**

**Ing. Michaela Kolářová, Ph.D.**

© 2024 ČZU v Praze

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Vliv změny klimatických podmínek na druhové složení plevelného spektra" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 24. 4. 2024

---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucí mé práce Ing. Michaele Kolářové, Ph.D. za možnost zpracování této bakalářské práce pod jejím vedením, za její cenné rady v průběhu psaní a vstřícnost při konzultacích. Dále mé mamince a příteli za veškerou podporu a pomoc při mých „nervových zhrouceních“ v průběhu studia.

# Vliv změny klimatických podmínek na druhové složení plevelného spektra

## Souhrn

Tato bakalářská práce pojednává o problematice klimatické změny a jejím vlivu na druhové složení plevelných rostlin. Práce je charakteru literární rešerše a shrnuje starší i novější dostupné poznatky v této problematice. Začátek rešerše je věnován uvedení do tématu klimatické změny a jejím přímým důsledkům, jako je zvýšená teplota vzduchu a změna v rozložení atmosférických srážek. Nedílnou součástí je samozřejmě i změna koncentrace oxidu uhličitého. Reakce rostlinných druhů je tedy nevyhnutelná a většinou se projevuje přizpůsobením se. Rostliny si proto osvojily mechanismy, kterými na tyto změny reagují, a to migrací, aklimatizací a adaptací. Pokud se nedokážou přizpůsobit, zahynou. Vliv klimatických faktorů je zde rozebírán více do hloubky, kupříkladu koncentrace CO<sub>2</sub> v rámci fotosyntézy. Práce dále pojednává o vlivu klimatu v kontextu světa a kontinentů, kde představuje několik příkladů plevelných druhů, které jsou ovlivněny klimatickou změnou. Poté je pozornost věnována České republice. Rozložení srážek a teploty v posledních desetiletích znázorňují mapy, které poukazují na nenávratné změny v těchto faktorech. Změny v posunu areálů předkládaných plevelných druhů *Abutilon theophrasti*, *Amaranthus retroflexus*, *Datura stramonium*, *Echinochloa crus-galli* a *Solanum nigrum* dále zdůrazňují vliv změny klimatických podmínek. Konec literární rešerše uzavírá nepřímý vliv změny klimatu. Zde práce pojednává o dopadu klimatu na fenologické fáze rostlin a opylovačů a vlivu na herbicidní účinnost. Práce přináší náhled do této problematiky a jednoznačně poukazuje na nezbytnou potřebu dalšího výzkumu v této oblasti.

Botanická nomenklatura byla upravena podle Karla Kubáta; Klíč ke květeně České republiky z roku 2002.

**Klíčová slova:** areál výskytu, CO<sub>2</sub>, globální oteplování, sucho, invazní plevele

# Effect of changing climatic conditions on the species composition of weed spectrum

## Summary

This bachelor thesis deals with the issue of climate change and its impact on the species composition of weedy plants. The thesis is in the nature of a literary research and summarizes older and more recent available knowledge on this issue. The beginning of the research is devoted to an introduction to the topic of climate change and its direct consequences, such as increased air temperature and changes in the distribution of atmospheric precipitation. An integral part of this is, of course, the change in carbon dioxide concentration. The response of plant species is therefore inevitable and usually manifests itself in adaptation. Plants have therefore developed mechanisms to respond to these changes, namely migration, acclimatisation and adaptation. If they cannot adapt, they will die out. The influence of climatic factors is discussed more in depth here, for example the concentration of CO<sub>2</sub> in photosynthesis. The paper also discusses the impact of climate in the context of the world and continents, presenting several examples of weedy species that are affected by climate change. Then, attention is given to the Czech Republic. The distribution of precipitation and temperature in recent decades is illustrated by maps that show irreversible changes in these factors. Changes in the range shifts of the weed species *Abutilon theophrasti*, *Amaranthus retroflexus*, *Datura stramonium*, *Echinochloa crus-galli* and *Solanum nigrum* further highlight the impact of changing climatic conditions. The end of the literary research concludes with the indirect effect of climate change. Here the paper discusses the impact of climate on the phenological stages of plants and pollinators and the effect on herbicide efficacy. The paper provides insight into this issue and clearly points to the necessary need for further research in this area.

Botanical nomenclature was adapted from Karel Kubát; Key to the flora of the Czech Republic, 2002.

**Keywords:** area of occurrence, CO<sub>2</sub>, global warming, drought, invasive weeds

# Obsah

1 Úvod.....	7
2 Cíl práce .....	8
3 Literární rešerše.....	9
<b>3.1 Vliv klimatické změny na plevelné druhy rostlin.....</b>	<b>9</b>
3.1.1 Oxid uhličitý a fotosyntéza .....	9
3.1.2 Habitat Suitability Mapping – Mapování vhodnosti stanovišť.....	10
<b>3.2 Vliv změny klimatu na plevele v rámci světa.....</b>	<b>10</b>
3.2.1 Afrika .....	10
3.2.2 Severní Amerika .....	11
3.2.3 Asie .....	11
3.2.4 Austrálie a Nový Zéland .....	12
3.2.5 Evropa.....	13
<b>3.3 Vliv změny klimatu na plevele v České republice.....</b>	<b>13</b>
3.3.1 Rozložení dešťových srážek a teploty .....	14
<b>3.4 Příklady plevelů, které ovlivňuje klimatická změna.....</b>	<b>17</b>
3.4.1 <i>Abutilon theophrasti</i> Med. ....	17
3.4.2 <i>Amaranthus retroflexus</i> L. ....	17
3.4.3 <i>Datura stramonium</i> L. ....	18
3.4.4 <i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) P. B.....	18
3.4.5 <i>Solanum nigrum</i> L. ....	19
3.4.6 Další známé druhy suchovzdorných a teplomilných plevelů .....	19
<b>3.5 Nepřímý vliv změny klimatických podmínek.....</b>	<b>20</b>
3.5.1 Vliv na fenologické fáze .....	20
3.5.2 Vliv na herbicidní účinnost.....	21
4 Závěr .....	23
5 Seznam literatury .....	24
6 Samostatné přílohy.....	I

# 1 Úvod

Tématem této bakalářské práce je Vliv změny klimatických podmínek na druhové složení plevelného spektra. Tuto problematiku jsem zvolila, protože je to velmi aktuální téma, které nás provází už od přelomu 21. století a nadále bude ovlivňovat mnoho generací po nás. Propojení do dalších oblastí vědy a výzkumu nejsou zanedbatelné. Například návaznost na produkci rostlinné potravy, její bezpečnost či dostupnost závisí na klimatických podmínkách, které ovlivňují růst jak plodin, tak i plevelných druhů rostlin (Ramesh et al. 2017).

Spektrum plevelných druhů doprovázejí kulturní rostliny už od vzniku zemědělství. Jedná se o největší skupinu škodlivých činitelů na obdělávané půdě, na kterou bylo vždy vynakládáno velké úsilí k jejich likvidaci. Jednotlivé plevelné druhy se časem měnili, přizpůsobovali anebo zanikaly. V minulosti byla společenstva plevelů druhově velmi rozmanitá. Postupem času, intenzifikací zemědělství, a právě klimatickou změnou se měnila reakce plevelných rostlin na tyto faktory (Mikulka 2011).

Klimatická změna působí na mnoho procesů, jedním z nich je také měnící se podmínky pro růst a šíření určitých druhů plevelů. Klima je definováno jako souhrn povětrnostních podmínek dané oblasti. Určuje se kvantitativně jako dlouhodobá statistika meteorologických proměnných (Ramesh et al. 2017). V posledních letech bylo zjištěno, že změna klimatu stojí za proměnou plevelné flóry na orné půdě v Evropě. Ačkoliv složení plevelných druhů skutečně závisí na podmínkách daného prostředí, jako je například teplota, či atmosférické srážky, tak hlavním důvodem, který přispívá ke klimatické změně je zvyšující se koncentrace skleníkových plynů, hlavně oxidu uhličitého (CO<sub>2</sub>) (Peters et al. 2014; Ramesh et al. 2017). Jeho koncentraci v atmosféře jednoznačně ovlivňuje lidská činnost, tedy spalování fosilních paliv (Chodová & Salava 2005), ale není jediným důvodem. Hluboké vrty v Antarktidě nám ukazují období za posledních 160 tisíc let historie naší planety a tím nám dokazují, že za změnou klimatu nemůže stát pouze člověk (Bláha 2006). Od doby Průmyslové revoluce v 18. století se ale emise skleníkových plynů rapidně zvyšují a je předpokládáno, že koncentrace CO<sub>2</sub> napomůže globálně k průměrnému oteplení planety o 2-4 °C ke konci 21. století (Kumar et al. 2023; Sreekanth et al. 2023). V souvislosti s plevelnými rostlinami se ovlivnění dotkne především fotosyntézy (Kumar et al. 2023).

Působení změny klimatu se ale projevuje i nepřímo, například účinnost herbicidů se může měnit při zvýšené teplotě, koncentraci CO<sub>2</sub> či změně dešťových srážek (Sreekanth et al. 2023). Dále také může působit na opylovače rostlin, nebo změnu posunu fenologických fází mezi plodinou a plevelným druhem (Chodová & Salava 2005; Lee 2011).

Je tedy jisté, že klimatická změna bude i nadále měnit výskyt a rozšíření těchto druhů a může se stát jedním z nejdůležitějších faktorů ovlivňující tyto aspekty plevelů na orné půdě (Peters et al. 2014).

## **2 Cíl práce**

Cílem této bakalářské práce bylo popsat vliv změn klimatických podmínek na výskyt plevelů z hlediska měnící se koncentrace CO<sub>2</sub>, zvyšující se teploty a rozdílného množství a rozložení srážek.



## 3 Literární rešerše

### 3.1 Vliv klimatické změny na plevelné druhy rostlin

Jak již bylo řečeno v úvodu, tak klimatická změna a s ní spojené globální oteplování jednoznačně působí na rostliny jako celek, plevelné rostliny nevyjímaje. Tento fenomén vede a nadále bude vést ke zvyšování teplot, změně početnosti dešťových srážek a koncentrace oxidu uhličitého. Sušší léta se budou vyskytovat častěji a budou mít vliv na plevelné druhy v jarních výsadbách plodin (Peters & Gerowitt 2014). Změny klimatu a globální oteplování budou do budoucna ovlivňovat růst, fenologické fáze a rozšiřování teplomilných plevelných druhů po celém světě (Chodová & Salava 2005; Lee 2011). Je však potřeba uvést, že rozšiřování plevelných druhů mohou způsobovat i takové faktory jako doprava, silniční, železniční či lodní, nebo i přírodní katastrofy jako jsou povodně, hurikány nebo tornáda.

Aby mohly tyto rostliny nadále přežívat a existovat, je potřeba určitých mechanismů přizpůsobení především v souvislosti s globálním oteplováním. Plevelné druhy mohou využívat tři různé životní strategie, jimiž jsou migrace, aklimatizace a adaptace. Migrace (*range shift*), v tomto kontextu posun areálu, je způsob přesunu rostlin z jednoho místa na jiné, více příznivé. Na migraci se může podílet několik faktorů, kterými jsou například různé antropogenní činnosti jako používání nečistých osiv a hnojiv, která jsou kontaminována plevelnými semeny, případně i pohyb zemědělské techniky, která může také zapříčinit rozšíření semen. Aklimatizace (*niche shift*) je reakce rostlin na měnící se podmínky prostřednictvím modifikací fenotypu. Tyto reakce lze rozdělit na toleranci a vyhýbání se klimatickým změnám. Tento mechanismus je však nedědičný a modifikace tedy není evoluční. Může se týkat určitého společenstva rostlin. Adaptace (*trait shift*) zahrnuje různé dědičné změny, ke kterým dochází u rostlinných druhů v reakci na jejich změněné prostředí. Jedná se o typ přírodního výběru, kdy dochází k vývoji nových vlastností a optimalizaci těch stávajících (Peters et al. 2014; Kumar et al. 2023).

#### 3.1.1 Oxid uhličitý a fotosyntéza

Plevele jsou více rezistentní vůči zvyšování koncentrace oxidu uhličitého a teplotě díky jejich rozmanitému genofondu a větší fyziologické plasticitě (Sreekanth et al. 2023). Zde můžeme pozorovat rozdílné reakce C3 a C4 rostlin na působení tohoto plynu (Kumar et al. 2023; Sreekanth et al. 2023).

U C3 rostlin je akceptorem CO<sub>2</sub> enzym ribulóza-1,5-bisfosfát, (Rubisco). Rubisco může provádět jak karboxylační, tak oxidační funkci. Pokud se hladina CO<sub>2</sub> zvyšuje, tak je upřednostňována karboxylace, pokud se ale koncentrace CO<sub>2</sub> snižuje, je upřednostňována oxidace (Kumar et al. 2023). Zvýšená koncentrace oxidu uhličitého je tedy ve prospěch C3 rostlin, neboť vede ke zvýšení fotosyntézy (Lee 2011; Peters et al. 2014; Ramesh et al. 2017; Kumar et al. 2023; Sreekanth et al. 2023). Nutno ale podotknout, že zvýšení teploty nad 25 °C způsobuje častější fotorespiraci, ta je pro rostliny energeticky ztrátovým procesem, a je tedy pro C3 rostliny škodlivé. Mezi plevelné rostliny typu C3 patří například *Avena fatua*, *Elytrigia repens* či *Chenopodium album* (Kumar et al. 2023).

U rostlin typu C4 je enzymem akceptujícím CO<sub>2</sub> fosfoenolpyruvát (PEP). Ten může využívat pouze jednu reakci, karboxylaci. Mechanismus dodávky CO<sub>2</sub> je řízen vnitřně, a proto nejsou C4 rostliny příliš závislé na atmosférickém oxidu uhličitém. Když rostliny typu C4 dosáhnou vnitřní koncentrace CO<sub>2</sub> okolo 360 ppm, tak se stávají plně nasycenými a jsou méně citlivé na zvýšení atmosférického CO<sub>2</sub> (Ramesh et al. 2017; Kumar et al. 2023). Zvýšená teplota zvyšuje rychlost fotosyntézy s minimální ztrátou energie fotorespirací. Kromě toho je účinnost využití vody u rostlin C4 ve srovnání s rostlinami C3 vyšší, a proto jsou plevely s mechanismem C4 pravděpodobně konkurenceschopnější ve srovnání s rostlinami C3 v podmínkách nedostatku vody a zvýšené teploty. Jako příklady C4 plevelů lze uvést *Amaranthus viridis*, *Echinochloa crus-galli* nebo *Sorghum halepense* (Kumar et al. 2023).

### 3.1.2 Habitat Suitability Mapping – Mapování vhodnosti stanovišť

S pomocí geografických informačních systémů a dálkových průzkumů Země můžeme tvořit grafické modely (mapy) výskytů druhů rostlin například z hlediska zvýšení teploty či koncentrace skleníkových plynů v určitých časových obdobích v budoucnosti. Nejčastěji se můžeme setkávat s modely roku 2030, 2050 či 2100.

Pro produkci plodin v zemědělství je důležité předpovídat možné dopady změny klimatu na současné a budoucí rozšíření nežádoucích druhů rostlin. Předmětem modelů bývají velmi často tzv. invazivní plevelné druhy (Shabani et al. 2020). Mezi globálně důležité druhy, které ohrožují zemědělskou produkci, patří například: *Amaranthus retroflexus*, *Abutilon theophrasti*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Cirsium arvense*, *Echinochloa crus-galli*, *Kochia scoparia*, *Sorghum halepense* (Mullin et al. 2000).

## 3.2 Vliv změny klimatu na plevely v rámci světa

Vliv klimatické změny se neprojevuje ve všech částech světa stejně. Záleží na mnoha faktorech, kterými jsou mimo jiné: geografická poloha území, podnebné pásy, rozdíl mezi obydlenou a neobydlenou oblastí, průměrné klimatické charakteristiky rozdílných míst a v neposlední řadě migrace různých živočišných druhů, kteří mohou přenášet semena rostlin.

Avšak hlavním faktorem ovlivňujícím distribuci plevelů a jejich anuální růst je teplota vzduchu (Chodová & Salava 2005). V důsledku oteplování se část plevelů již nyní objevuje v chladnějších podmínkách, zmínit zde lze například rostliny typu C4, především teplomilné trávy a některé exotické druhy. Dochází k šíření invazivních druhů plevelů na sever a do vyšších poloh (Chodová & Salava 2005; Mikulka et al. 2018; Sharma et al. 2023). Tyto plevely jsou odolné vůči stresu a změně prostředí a kladně reagují na zvýšené koncentrace oxidu uhličitého. Pokud se těmto druhům podaří usadit, tak se mohou měnit konkurenční poměry mezi plodinou a plevely (Chodová & Salava 2005).

### 3.2.1 Afrika

Afrika je nejteplejším světadílem na naší planetě. Tento kontinent se rozprostírá přes 7 podnebných pásů. Změny teplot mezi měsíci nejsou velké, ale rozdíl mezi denními a nočními teplotami může být i 40°C. Během roku jsou zde nerovnoměrné srážky, důvodem jsou střídající se období sucha a dešťů (Kunský et al. 1971).

Jedním z nejvíce problematických plevelů na africkém kontinentu je *Striga asiatica*. Tento druh nejvíce škodí v kulturách rýže, kukuřice a čiroku. Rostlina produkuje velké množství semen malé velikosti, čímž zjednodušuje jejich distribuci. Změna klimatu jednoznačně ovlivňuje její výskyt a je hlavním faktorem, který určuje vhodnost oblastí. Studie z roku 2020 použila pro modely rozšíření tohoto druhu mimo jiné software CLIMEX. V nynějším klimatu vyšlo najevo, že se *S. asiatica* vyskytuje v subsaharské oblasti Afriky, a to nejvíce v Nigérii, Ghaně, Burkině Faso či Pobřeží Slonoviny. Predikce let 2050 a 2100 ukazují, že s postupem času se oblast stává méně vhodnou pro růst této rostliny (Araújo et al. 2022). V tomto případě můžeme konstatovat, že kvůli klimatické změně může tento druh v budoucnosti úplně vymizet.

### 3.2.2 Severní Amerika

Severní Amerika je třetím největším světadílem a prochází všemi podnebnými pásy od polárního až po tropický. Nalezneme zde jak tundru, tak i pouště. Počasí zde hojně ovlivňují cyklóny a anticyklóny, a proto bývá často zasažen přírodními katastrofami typu tornád a jiných.

V rámci Spojených států amerických můžeme pozorovat stovky druhů, které se přizpůsobují změnám klimatu. Zmínit lze například *Solanum viarum*, které má potenciál k napadnutí jakýkoliv areálů s tropickým či subtropickým klimatem. Poprvé byl tento plevelný druh zaznamenán v Jižní Americe. V 80. letech minulého století se však začal objevovat napříč státem Florida a dnes již zaplevelil přes půl milionu akrů pastvin a šíří se i do ostatních sousedících států. Je tedy na místě vytvoření účinnější strategie managementu pro boj s tímto druhem (Mullin et al. 2000).

Dalším velmi rozšířeným jednoletým plevelem napříč východní částí Spojených států je *Ambrosia artemisiifolia*. Důsledek změny klimatu na šíření tohoto druhu je více než zřejmý. Díky zvyšující se koncentraci oxidu uhličitého můžeme už nyní pozorovat nárůst v biomase (Kumar et al. 2023). Potenciálně velký vliv může mít i globální oteplování (Juroszek & Tiedemann 2012). Studie z roku 2018 identifikuje několik lokalit, kde se *A. artemisiifolia* v současné době nevyskytuje, ale může se do nich v budoucnu rozšířit. Například město Albany ve státě New York, Montpelier ve státě Vermont či Augusta v Maine jsou vystaveny zvýšenému riziku rozšíření *A. artemisiifolia* v příštích 30 letech (Case & Stinson 2018).

### 3.2.3 Asie

Asie je největším a geograficky nejčlenitějším kontinentem na světě. Pokrývá necelou třetinu veškeré souše na Zemi. Asií procházejí všechny podnebné pásy. Množství srážek se pak odvíjí od polohy, jižní a jihovýchodní část kontinentu ovlivňují pravidelné monzuny, naopak ve srážkovém stínu Himalájí se nacházejí velmi suché pouštní oblasti.

Výsledky ze studování invazivních druhů plevelů rodu *Erigeron* (česky turan), *Erigeron philadelphicus* a *Erigeron annuus* vypovídají o klíčových faktorech, které působí na jejich možné rozšíření. Těmi jsou teplotní sezónnost, teplotní výkyvy a srážky v nejsušším měsíci. Předpokládá se, že budoucí výskyt druhu *E. annuus* se přesune do vyšších zeměpisných šířek, konkrétně z provincie Hubei do provincie Hebei, zatímco druh *E. philadelphicus* zůstane soustředěn především v provincii Hubei. Výzkum byl prováděn na území Čínské lidové republiky za pomoci modelů SSPs (“Shared Socioeconomic Pathways”) (Huang et al. 2023).

Jako další z invazivních plevelů na území Asie se řadí *Oxalis latifolia* (česky šťavel široolistý), který je však hrozbou pro obdělávanou zemědělskou půdu téměř po celém světě. Východní Asie je však vystavena velkému riziku v podobě klimatické změny, která působí na tento plevel. Nejvíce je rozšířena v čínském Tchaj-pej, Číně a Japonsku. Podle předpovědi modelů SSPs se tento druh pravděpodobně rozšíří do Jižní a Severní Koreji v příštích desetiletích (Poudel et al. 2023).

Plevelný druh *Asphodelus tenuifolius* Cavan. škodí především plodinám jako je pšenice, hořčice či cizrna. *A. tenuifolius* byl sledován ve středních, severních a západních oblastech Indie za současných klimatických podmínek v letech 2015 až 2021. Podle předpovědi modelů se stanoviště, která nejsou vhodná nyní, stanou vhodnými v budoucích klimatických podmínkách, tím se míní rozšíření téměř po celé Indii (Sharma et al. 2023).

### 3.2.4 Austrálie a Nový Zéland

Austrálie je nejmenším kontinentem na světě a společně s Novým Zélandem jsou součástí rozsáhlého regionu Oceánie. Austrálie se považuje za nejplošší a nejsušší kontinent s nejméně úrodnou půdou. Je to velmi různorodá země, která obsahuje jak pouště, tak deštné pralesy (Williams & West 2000). Nový Zéland tvoří dva velké ostrovy, které jsou odděleny Cookovým průlivem. Vzdušné proudy vanoucí od oceánu udržují mírné a vlhké podnebí se silnými srážkami na západním pobřeží. Na severu je horko a deštivo, a naopak na jihu země a ve větších výškách je chladněji (Gerard et al. 2013).

Velmi rozšířeným invazivním plevelem v Austrálii je bez debat *Lantana camara*. Tento druh je v dnešní době k nalezení téměř ve všech pobřežních oblastech východní Austrálie. I když se na první pohled může zdát, že je to velmi atraktivní rostlina s barevnými květy, tak působí velké ztráty v zemědělství. Studie z roku 2011 měla za cíl objasnit mechanismy distribuce *L. camara* za pomoci modelovacího softwaru CLIMEX. Byly použity scénáře let 2030 a 2070, na nichž bylo zjištěno potencionální rozšíření tohoto invazivního druhu. Podle budoucích klimatických scénářů se areál *L. camara* může rozšířit do nových oblastí ve Victorii, jižní Austrálii a Tasmánii, zatímco severní části kontinentu se stanou klimaticky nevhodnými. Na tuto nově vznikající hrozbu je třeba upozornit orgány pro management plevelů, aby bylo možné přijmout účinná opatření (Taylor et al. 2012).

Pro Nový Zéland se čím dál víc stává hrozbou invazivní plevelný druh *Setaria pumila* (česky bér sivý). Tento plevel byl na ostrov zavlečen na začátku 20. století a velmi rychle se rozšířil na pastviny u mléčných farem. Nyní se vyskytuje hustě především v horní části Severního ostrova a na pobřeží Taranaki. Úkolem výzkumu z roku 2014 bylo předpovědět vhodnost území pro rozšíření této rostliny v budoucích klimatických podmínkách. V modelech předpovědi klimatu došlo na obou ostrovech ke zvýšení vhodnosti území pro *S. pumila*. Téměř veškeré území Severního ostrova se stalo vhodným, na Jižním ostrově se klimatická vhodnost rozšířila do vnitrozemí od východního a západního pobřeží a dále na jih. Zvýšení vhodnosti pro oba ostrovy je způsobeno zvýšením teplot. Zjištěné informace mohou tedy posloužit příslušným úřadům k vypracování strategických plánů kontroly tohoto druhu (Lamoureaux & Bourdôt 2014).

### 3.2.5 Evropa

Evropa je druhým nejmenším světadílem na světě. Přestože většina území náleží do mírného podnebného pásu, tak na severu zasahuje až do oblastí pásu subpolárního a polárního. Mimo jiné nalezneme v Evropě několik vegetačních pásů, kupříkladu tundru, tajgu či dokonce pouště. Evropa má velmi pestrý reliéf, ale více jak polovinu světadílu zabírají nížiny, v kterých nalezneme rozmanitou vegetaci jak užitkových, tak i plevelných rostlin.

V Rakousku a Itálii se v posledním desetiletí rozšířil invazivní druh plevelu *Solanum carolinense* (česky lilek karolínský). Cílem studie z roku 2009 bylo zjistit potenciální distribuci druhu do několika států střední Evropy. Pro předpověď byl použit modelovací software CLIMEX. Následně bylo zjištěno, že projekce klimatické vhodnosti ukazuje značný prostor pro případnou invazi. Klimaticky nejvhodnější plocha pro *S. carolinense* byla nalezena v Maďarsku se 100 % celkové plochy, nadále v Polsku, Slovinsku, Slovensku, Německu, České republice, Rakousku a nejméně ve Švýcarsku s necelými 17 % území. *S. carolinense* má vysokou schopnost prostorového šíření přirozenou cestou, a i různými cestami zprostředkovanými člověkem. Je tedy pravděpodobné, že rostlina bude rozšiřovat svůj areál a zamořovat obdělávanou půdu. Management druhu je tedy oprávněným krokem k včasnému odhalení a likvidaci vznikajících ohnisek *S. carolinense*, aby se omezilo šíření tohoto invazivního plevelu do dalších zemědělských oblastí (Follak & Strauss 2010).

S měnícími se klimatickými podmínkami můžeme ovšem pozorovat i úbytek či celkové vymizení vzácných plevelných druhů v Evropě. Druh *Lithospermum arvense* subsp. *arvense* L. (česky kamejka rolní) lze nalézt převážně v teplých a exponovaných místech ve střední Evropě. První úbytek zaznamenal zhruba před 150 lety, kdy začala být používána minerální hnojiva, zlepšily se mechanismy na čištění osiv a byly představeny metody managementu plevelů. Další pokles výskytu byl zaznamenán kolem šedesátých let minulého století, kdy byly na trh uvedeny určité herbicidy. Dnes se *L. arvense* objevuje pouze v částech Polska a v některých horských regionech Evropy. S nevyhnutelným zvyšováním teploty v rámci změny klimatu bude tento druh pravděpodobně do jisté míry schopen migrovat do příznivého klimatického gradientu i díky malé velikosti svých semen. Avšak v případě příliš rychlé změny klimatu a intenzivnějšího zemědělství se v budoucnu může početnost *L. arvense* ve střední Evropě snížit (Peters & Gerowitt 2014).

### 3.3 Vliv změny klimatu na plevel v České republice

Teplomilné plevelné druhy jsou vázány na teplé oblasti naší republiky. Teplou oblastí se v zemědělství rozumí území, na kterém se pěstují plodiny náročné na teplo, například kukuřice či cukrová řepa. V České republice se jedná především o tzv. Českou tabuli v severních a východních Čechách a na Moravě o Dyjskosvratecký, Dolnomoravský a Hornomoravský úval, Ostravskou pánev a Oderskou nížinu (Štrobach & Mikulka 2014). S pěstovanými plodinami se tedy objevují i plevelné rostliny, které na těchto územích škodí a přinášejí zemědělcům ztráty.

Díky zvyšujícím se teplotám v rámci klimatické změny, se tyto plevely přesouvají více na sever, tedy i do oblastí, ve kterých se dříve nevyskytovali (Štrobach & Mikulka 2014; Satrapová & Soukup 2014; Smutný & Winkler 2019). Navíc kvůli poměrně členitému území naší republiky, od teplých nížin až po podhorské a horské oblasti, dochází k šíření teplomilných

plevelů i uvnitř státu (Smutný & Winkler 2019). Nutno však podotknout, že určité plevelné druhy se nemusí klimatické změně přizpůsobit a postupně mohou z našich krajin vymizet. Vzhledem k predikcím modelů klimatu, které předpovídají zvyšování teploty ve vyšších nadmořských výškách, můžeme přece jenom očekávat rozsáhlejší výskyt C4 plevelů, kterým se lépe daří v teplejších podmínkách. Důsledkem změny klimatu je mj. i delší vegetační období těchto rostlin v důsledku zvýšené průměrné roční teploty vzduchu (Satrapová & Soukup 2014).

Další efektem, který nám klimatická změna přináší, jsou stále častější mírné zimy bez delšího období mrazů. Tyto zimy po dobu posledních desetiletí umožňují prakticky každoroční přežívání plevelných druhů, které běžně vymrzaly. Mezi tyto druhy můžeme jednoznačně zařadit *Avena fatua*, *Sinapis arvensis* nebo *Raphanus raphanistrum*. Souvislost s mírnou zimou má tedy i časný nástup jara a jeho vyšší teploty. Tímto ale plevele nemusí být vždy zvýhodněny, protože dříve vzcházející druhy bývají velmi často poškozeny pozdními mrazíky. Vlny veder v létě a s tím související sucho lépe přežívají plevele, které hluboce koření a mají pak konkurenční náskok před ostatními druhy (Holec 2020).

Kromě změn v současném druhovém spektru se mohou šířit i takové plevelné druhy, které se u nás ještě nevyskytovali, jako například nedávná invaze *Abutilon theophrasti* (Holec 2020). K tomuto rychlému šíření nových druhů dochází především v oblastech dálnic a vysokorychlostních silnic (Mikulka 2008) a je tedy nevyhnutelné, že invaze dalších nových druhů bude následovat (Holec 2020). Důvod tohoto šíření je více méně jasný i když nemusí souviset přímo s klimatickou změnou (Mikulka 2008; Holec 2020).

V České republice rozdělujeme teplomilné plevele na druhy původní nebo zdomácnělé, zde se jedná především o pozdně jarní plevele jako je *Datura stramonium* a *Hyoscyamus niger*. Dále druhy zavlečené v nedávné době, u nichž hrozí šíření na zemědělskou půdu a jejich rychlý rozvoj, těmi jsou například *Sorghum halepense* či *Ambrosia artemisiifolia*. Další skupinou jsou druhy zavlečené, ale takové, které nemají příhodné podmínky pro svůj rozvoj a buď stagnují nebo vymizí. Zde lze uvést například *Xanthium spinosum* a *Lactuca tatarica*. Jako poslední, druhy vzácně se vyskytující a ohrožené. Například dříve se u nás běžně vyskytující druh *Erysimum crepidifolium*, který je zařazen do Červeného seznamu cévnatých rostlin ČR. Je mimo jiné i středoevropským endemitem (Štrobach & Mikulka 2014).

### 3.3.1 Rozložení dešťových srážek a teploty

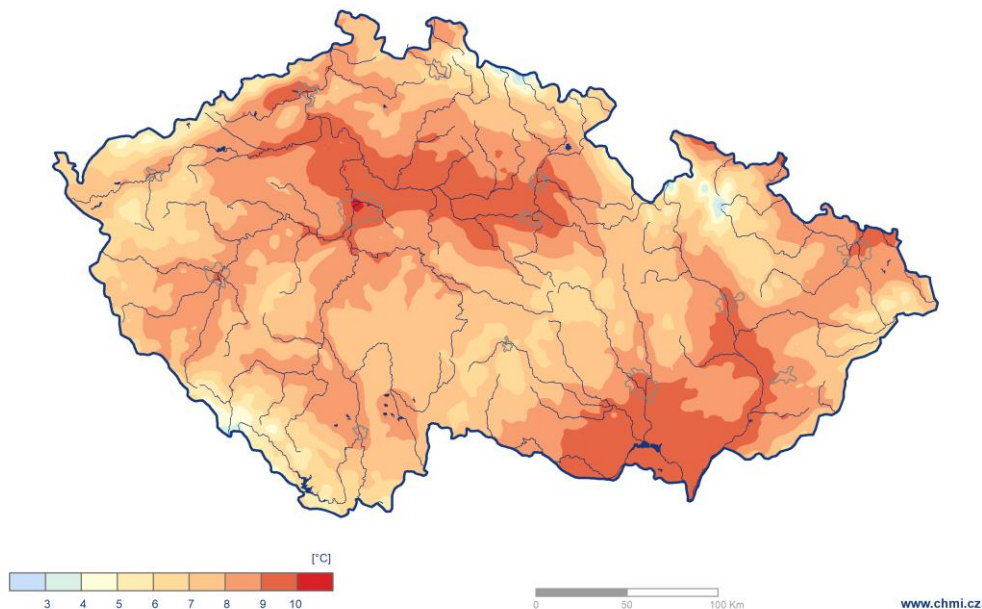
Česká republika se nachází ve střední Evropě v mírném podnebném pásmu. Klima je kontinentálního charakteru a ovlivňují ho především oceánské srážkové fronty. Vliv georeliéfu nesmí být zapomenut, je totiž patrný při srážkových úhrnech na našem území. Oblasti, které náleží za horskými celky se označují jako místa ve srážkovém stínu a ty mají velmi nízké úhrny srážek. Například Žatecká pánev v závětrí Krušných hor je nejsušším místem v ČR. Výrazné rozdíly můžeme pozorovat také v rozložení teplot, kde svahy orientované na jih mají logicky výrazně vyšší teploty než svahy orientované na sever. Nadmořská výška také jednoznačně ovlivňuje úhrn srážek a rozložení teplot. A v neposlední řadě je vlivným faktorem také antropogenní činnost.

V této kapitole se zaměřuji na klimatické charakteristiky nového klimatického normálu za roky 1991 až 2020 a porovnávám je se staršími daty. Dále zde uvádím mapy průměrných ročních teplot a průměrných ročníků srážek převzaté z Českého hydrometeorologického ústavu.

Průměrná roční teplota za období 1991 až 2020 byla pro území ČR 8,3 °C, to je tedy o 0,4 °C více než byla průměrná roční teplota v letech 1981 až 2010, je zde tedy patrný rozdíl i přes překryv sledovaných období (Crhová 2022). Na obrázku 1 a 2 můžeme vidět mapy průměrných ročních teplot.

#### Průměrná roční teplota vzduchu za období 1981–2010

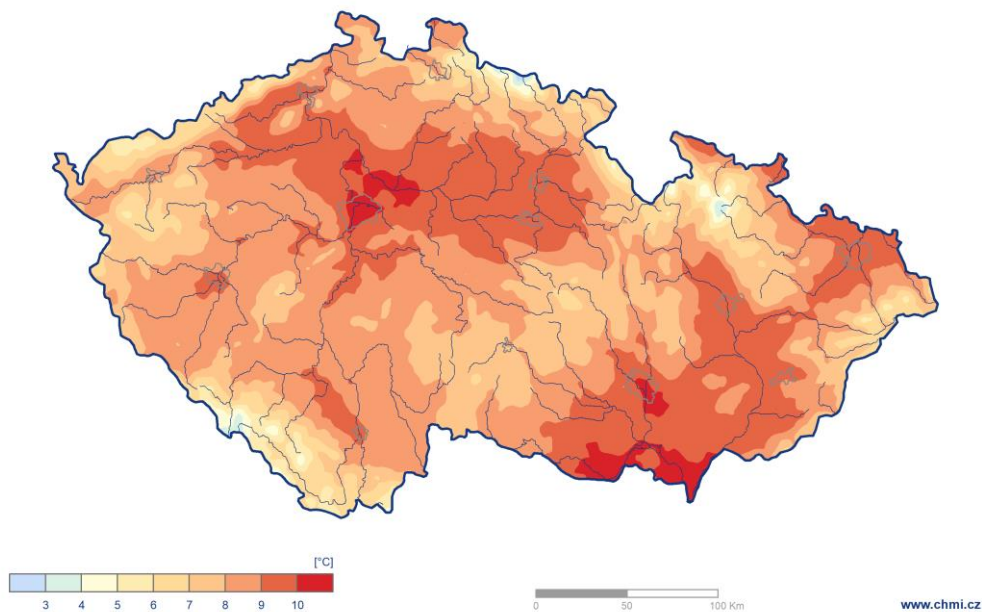
Český  
hydrometeorologický  
úřad



Obrázek 1 Průměrná roční teplota vzduchu za období 1981-2010 (zdroj: ČHMÚ)  
[https://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/charakteristiky\\_klimatu/img/T8110.gif](https://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/charakteristiky_klimatu/img/T8110.gif)

#### Průměrná roční teplota vzduchu za období 1991 – 2020

Český  
hydrometeorologický  
úřad

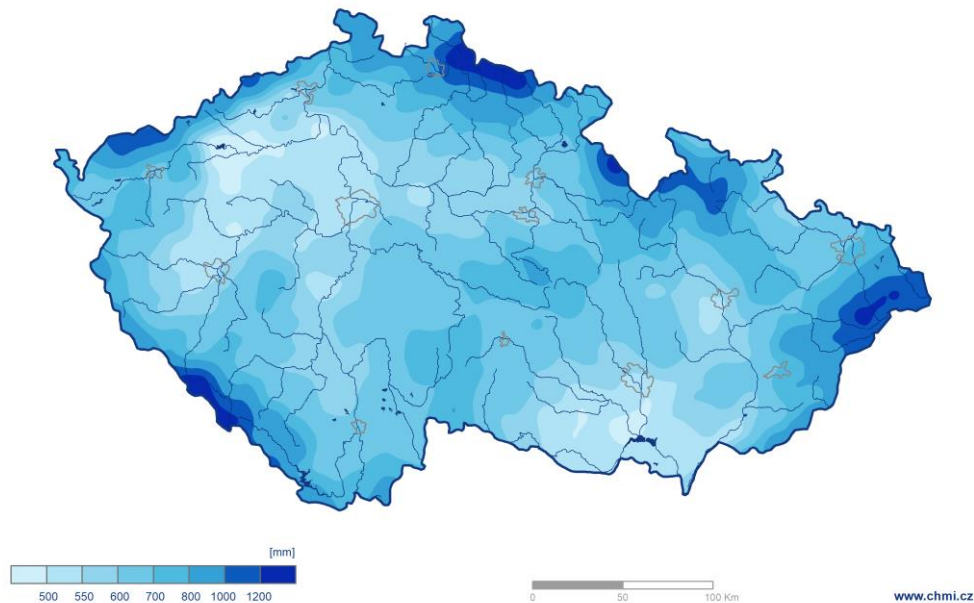


Obrázek 2 Průměrná roční teplota vzduchu za období 1991-2020 (zdroj: ČHMÚ)  
[https://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/charakteristiky\\_klimatu/img/T\\_normal9120.gif](https://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/charakteristiky_klimatu/img/T_normal9120.gif)

Naopak roční úhrn srážek v období 1991 až 2020 se oproti klimatickému normálu z let 1981 až 2010 téměř nezměnil. Rozdíly můžeme pozorovat více méně akorát v rozložení srážek v průběhu roku. V měsících duben, listopad a prosinec byl srážkový normál 1991-2020 o více než 5 % nižší oproti normálu v letech 1981-2010 (Crhová 2022). Na obrázcích 3 a 4 můžeme pozorovat mapy průměrných ročních úhrnů srážek.

#### Průměrný roční úhrn srážek za období 1981–2010

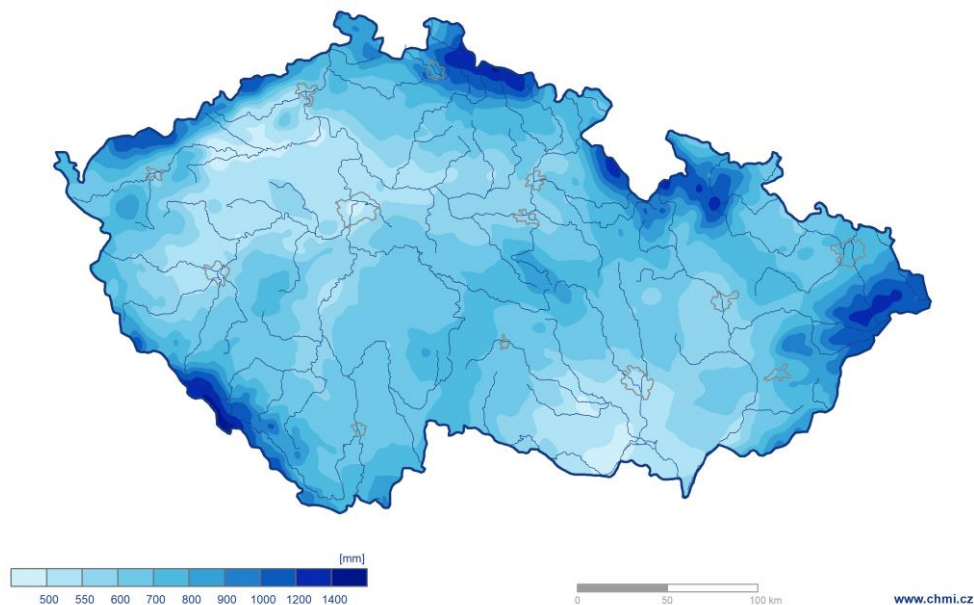
Český  
hydrometeorologický  
ústav



Obrázek 3 Průměrný roční úhrn srážek za období 1981-2010 (zdroj: ČHMÚ)  
[https://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/charakteristiky\\_klimatu/img/SRA8110.gif](https://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/charakteristiky_klimatu/img/SRA8110.gif)

#### Průměrný roční úhrn srážek za období 1991 – 2020

Český  
hydrometeorologický  
ústav



Obrázek 4 Průměrný roční úhrn srážek za období 1991-2020 (zdroj: ČHMÚ)  
[https://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/charakteristiky\\_klimatu/img/SRA\\_normal9120.gif](https://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/charakteristiky_klimatu/img/SRA_normal9120.gif)



### 3.4 Příklady plevelů, které ovlivňuje klimatická změna

V této kapitole uvádím příklady pěti druhů plevelů, které jsem si vybrala, a na které má klimatická změna značný dopad.

#### 3.4.1 *Abutilon theophrasti* Med.

*Abutilon theophrasti* (česky mračňák Theophrastův) je invazivní plevelná rostlina řadící se do čeledi *Malvaceae* (česky slézovité). Původem je z Asie a k nám byl dovozen společně se zemědělskou výrobou (Hejný & Slavík 1992; Mikulka 2011). Dnes ho najdeme nejvíce v okolí Prahy, Polabí, Brna a jižní Moravy. Celá rostlina působí sametovým dojmem (Mikulka et al. 2018). Může dosahovat výšky až 1,8 metru. Listy jsou poměrně velké a celistvé. Květy se začínají objevovat v červenci a jsou sytě žluté. *A. theophrasti* se rozmnožuje výhradně semeny. Ta mají poměrně vysokou klíčivost, jež si udržují po dlouhou dobu (Hejný & Slavík 1992; Mikulka et al. 2018). Na orné půdě zapleveluje nejvíce cukrovku, brambory či kukuřici (Mikulka 2011; Sreekanth et al. 2023).

V posledních dekáдах byl zaznamenán nárůst populací *A. theophrasti* v severnějších oblastech. Důvodem tohoto posunu je jednoznačně změna klimatu (Peters et al. 2014), s níž je spojený zvýšený obsah CO<sub>2</sub> v atmosféře. U *A. theophrasti* tedy můžeme sledovat významné změny v nárůstu biomasy při zvýšené koncentraci CO<sub>2</sub> (Kumar et al. 2023; Sreekanth et al. 2023). Naopak při zvýšené teplotě se intenzita růstu a fotosyntézy snižuje. V rámci interakce s různými C4 plodinami je možno pozorovat větší konkurenci *A. theophrasti* při zvýšeném CO<sub>2</sub> (Sreekanth et al. 2023). V podmínkách sucha se však konkurenceschopnější stává plodina (Ramesh et al. 2017).

#### 3.4.2 *Amaranthus retroflexus* L.

*Amaranthus retroflexus* (česky laskavec ohnutý, laskavec srstnatý) je jednoletá bylina náležící do čeledi *Amaranthaceae* (česky laskavcovité). Pochází ze Severní a Střední Ameriky a u nás je invazivní rostlinou. U nás je rozšířen téměř po celé republice vyjma vysokohorských lokalit. Může dorůst výšky od 10 cm do dvou metrů. Listy jsou jednoduché a na rubu plstnaté. Zelené květy se nacházejí lichoklasech a začínají pučet v červenci, na rostlině je však můžeme vidět ještě v říjnu (Hejný & Slavík 1990). Jedna rostlina je schopná vytvořit až půl miliónu semen. Nejvíce je rozšířen v kukuřici (Peters & Gerowitt 2014; Mol et al. 2015).

Populace tohoto plevelného druhu se vyskytuje na polích v hojném počtu a do budoucna se bude zvyšovat. Podle experimentů prováděných ve dvou komorách s rozdílnou teplotou a vlhkostí vzduchu bylo zjištěno, že tento druh profituje při zvýšení teploty. V komoře predikovaných klimatických podmínek dříve klíčil a při počátečním vegetativním růstu dorůstal do větších rozměrů. Ve střední fázi růstu rostlina nerostla vzpřímeně a oproti komoře se současnými podmínkami byly rostliny o něco menší. Květní pupeny se vyvinuly ve stejnou dobu v obou komorách. Ke konci růstu však rostliny měli větší podíl hmoty ve scénáři se změnou klimatu. Souhrnně lze říci, že předpovězené budoucí podmínky jsou příznivé, protože většina emergentních faktorů bylo v těchto podmínkách posíleno (Peters & Gerowitt 2014). Do budoucna tedy můžeme předpokládat šíření do severnějších poloh v rámci zvyšování teploty.

### 3.4.3 *Datura stramonium* L.

*Datura stramonium* (česky durman obecný) je jedovatá jednoletá bylina patřící do čeledi *Solanaceae* (česky lilkovité). Původem je tento druh ze Severní Ameriky jako mnoho dalších rostlin z této čeledi. V České republice ho nejvíce nalezneme na jižní Moravě, v Praze a jejím okolí a v Polabí. Dorůstá výšky až přes jeden metr a má střídavé listy s bílými nebo fialovými květy, které můžeme spatřit již od července. Typický je pro svou pichlavou tobolku, která může obsahovat až 400 semen. Na jedné rostlině tím pádem může dozrávat tisíce semen, která klíčí při vyšších teplotách později na jaře. (Slavík 2000; Mikulka 2006). Jako plevelný druh škodí například rostlině ze stejné čeledi lilku bramboru (Chadha et al. 2020). Do budoucna můžeme předpokládat šíření do oblastí, kde je pěstována kukuřice (Winkler 2022).

Výzkumem bylo zjištěno, že se *D. stramonium* nachází ve velmi teplých až mírně teplých klimatických oblastech (Kolářová et al. 2023). Zvýšená koncentrace oxidu uhličitého může mít za následek vyšší rostliny, které tvoří objemnější produkci semen. Důsledkem může být i horší management tohoto plevele. Schopnost růstu *D. stramonium* i při omezeném množství vláhy dává najevo i přežití výkyvů klimatických podmínek. To naznačuje distribuci do nových oblastí a přispívá ke zvyšování ztrát u plodin na orné půdě (Chadha et al. 2020). S přibývajícimi teplotami v období předjaří a zvýšenou koncentrací CO<sub>2</sub> se tedy zvyšuje pravděpodobnost na dřívější a početnější klíčení.

### 3.4.4 *Echinochloa crus-galli* (L.) P. B.

*Echinochloa crus-galli* (česky ježatka kuří noha) je invazivní jednoletá bylina, která náleží do čeledi *Poaceae* (česky lipnicovité). Původem je z Evropy a Indie. Na našem území ji nalezneme opravdu všude, výjimkou nejsou ani vysoká pohoří (Satrapová et al. 2013). *E. crus-galli* může dorůst výšky až 70 cm, ale spíše se pohybuje kolem 30 cm. Stébla jsou poléhavá a listy ploché s bílou žilkou uprostřed. Květenstvím je lata tvořená lichoklasy a plodem je obilka. Kvete od července do října (Kubát 2002). Rozmnožuje se výhradně obilkami, kterých na rostlině dozrává několik tisíc. K šíření tohoto plevele velmi často napomáhá samotný lidský faktor, tj. nejčastěji nečisté osivo. Je jedním z nejčastějších plevelů v kukuřici (Peters & Gerowitt 2014).

Ve střední Evropě vykazují populace *E. crus-galli* vysokou fenotypovou plasticitu a jsou nejvíce kompetitivní při vysokých teplotách, vysoké dostupnosti živin a střední vlhkosti. Druhu tedy prospívá vysoká teplota, ale ne suché podmínky (Peters & Gerowitt 2014). Vlivem klimatické změny a jejími faktory docházíme k tomu, že rychlost růstu a fotosyntézy je jednoznačně zvýšena při nárůstu teploty. Naopak je tomu však při zvýšené koncentraci CO<sub>2</sub>, kde je rychlost fotosyntézy a růstu snížena (Sreekanth et al. 2023), avšak využitelnost vody je vyšší (Peters et al. 2014; Kumar et al. 2023). Úspěšnost druhu v reakci na změnu klimatu je třeba posuzovat s ohledem na různé faktory klimatických změn. Nicméně pravděpodobně lze očekávat areálové rozšíření z hlediska nadmořské výšky (Satrapová et al. 2013). Je tedy potřeba brát ohled na tyto předpovědi v rámci managementových opatření.

### 3.4.5 *Solanum nigrum* L.

*Solanum nigrum* (česky lilek černý) je v ČR původní jednoletá tmavě zelená bylina z čeledi *Solanaceae* (česky lilkovité). Geograficky však pochází ze Středomoří. Rozšířen je především v Polabí, na střední a jižní Moravě. Rostlina je mírně jedovatá, obsahuje alkaloidy. *S. nigrum* dorůstá do maximální výšky 70 cm. Listy jsou řapíkaté, obvykle celokrajné. Kvete od června do října v malých pětičetných květech bílé barvy. Plodem je tmavá bobule, která může obsahovat od 50 do 70 semen (Slavík 2000). Největší problém vykazuje v okopaninách a chmelnicích (Slavík 2000; Komprsová & Jančíková 2022). Dále ho můžeme nalézt i v porostech kukuřice, kde se však drží při zemi vlivem zastínění plodin, ale i tak vytváří velké množství semen (Pozděna & Pozděna 2023).

I *S. nigrum* je jedním z teplomilných plevelů, který se díky měnícím se podmínkám, především zvyšování teploty, přesunuje severněji. Za posledních 10 až 15 let můžeme pozorovat stoupající četnost tohoto plevele (Mikulka & Chodová 2001). Díky zvyšující se teplotě vzduchu klíčí semena *S. nigrum* mnohem snadněji, než tomu bylo dříve za chladnějších podmínek. A jelikož se *S. nigrum* daří více na hnědozemích, tak úrodná pole s plodinami, především kultury brambor, mohou do budoucna zaznamenávat vyšší četnost tohoto plevele (Kieloch & Gołębiowska 2018).

### 3.4.6 Další známé druhy suchovzdorných a teplomilných plevelů

Následující řádky věnují pozornost dalším druhům plevelů, které dokážou na změnu klimatických podmínek reagovat a adaptovat se. Určité druhy plevelných rostlin mají schopnost se přizpůsobit nedostatku vody a vysokým teplotám. Jedná se především o tyto procesy: zesílení kutikuly, vývin trichomů či schopnost regulace průduchů a tím omezení výparu vody. Všechny tyto mechanismy jim pomáhají přežít a být odolnější a zároveň komplikují účinnost herbicidů, které se aplikují na list (Winkler 2022).

Druhy uvedené v tomto odstavci se řadí mezi suchovzdorné plevele. Rostliny rodu *Setaria*, *Setaria pumila* (česky bér sivý), *Setaria viridis* (česky b. zelený) a *Setaria verticillata* (česky b. přeslenitý) patří mezi tzv. prosovitě trávy a řadí se do čeledi *Poaceae*. Přísluší do skupiny pozdně jarních plevelů a často se vyskytují v porostech s *E. crus-galli*, kterou dokážou nahrazovat v nepříznivých podmínkách sucha. *Kochia scoparia* (česky bytel metlatý) náleží do čeledi *Chenopodiaceae*. Je to nepůvodní druh pozdně jarního plevele a nejčastěji se vyskytuje podél komunikací a na polích s intenzivní chemickou regulací. Je dobře přizpůsoben nedostatku srážek a je velkým problémem v širokořádkových plodinách na zemědělské půdě. *Artemisia vulgaris* (česky pelyněk černobýl) je vytrvalý druh z čeledi *Asteraceae*, který má dobrou schopnost vyrovnávat se se suchými podmínkami. Často ho nalezneme v mezích a příkopech, ale také v ovocných sadech. Na ornou půdu se šíří z těchto neudržovaných míst a je schopen se udržet při minimalizačních technologiích zpracování půdy. Plevelné druhy rodu *Bromus*, *Bromus sterilis* (česky sveřep jalový) a *Bromus tectorum* (česky s. střešní) jsou u nás nepůvodními rostlinami, ale považujeme je za zdomácnělé. Patří mezi přezimující plevele řadící se do čeledi *Poaceae*. Na orné půdě se vyskytují čím dál častěji a v hojnějším počtu a jsou schopné se šířit dále, nejvíce podél dopravních cest. *Portulaca oleracea* (česky šrucha zelná) je pozdně jarní plevel, který náleží do čeledi *Portulacaceae*. Velmi dobře se adaptovala na výsušné podmínky. Na svých vegetativních orgánech má značně silnou kutikulu, která

rostlinu chrání před suchem. Patří mezi invazivní druhy rostlin a hojně se šíří na ornou půdu a do vinic (Winkler 2022).

Plevelné rostliny v této části patří mezi teplomilné druhy. *Ambrosia artemisiifolia* (česky ambrosie pelyňkolistá) se řadí k nejvýznamnějším invazivním druhům v Evropě. Je to jednoletý, pozdně jarní plevel z čeledi *Asteraceae*. U nás ho nalezneme především v průmyslových zónách a městech. Dosahuje vysoké konkurence oproti jiným druhům a mimo jiné je nebezpečný i pro zdraví lidí, protože je jeho pyl velmi alergenní. *Hyoscyamus niger* (česky blín černý) z čeledi *Solanaceae* je přezimující plevel. *H. niger* je velmi jedovatý druh a je nebezpečný jak pro hospodářská zvířata, tak i člověka. U nás se vyskytuje pouze v některých lokalitách. Vytrvalý plevelný druh *Sorghum halepense* (česky čirok halabský) patří k úporným plevelům patřící do čeledi *Poaceae*. Má mohutný kořenový systém a bývá tedy obtížně likvidován. V Česku je jeho výskyt zatím nahodilý, avšak zvyšující se teploty v rámci klimatu mohou jeho šíření zrychlit a může se tak stát velmi problematickým druhem. U nás nejběžnější druh plevele *Chenopodium album* (česky merlík bílý) přísluší do čeledi *Chenopodiaceae*. Řadíme ho mezi pozdně jarní plevele. V poslední době u něj však dochází k otužování, a tak ho můžeme pozorovat vzcházet už i v časně setých jarních plodinách (Winkler 2022).

### 3.5 Nepřímý vliv změny klimatických podmínek

Klimatická změna má plno vedlejších účinků v souvislosti s plevelnými druhy rostlin. Mezi hlavní důsledky v návaznosti na změnu klimatu patří: posun fenologických fází rostlin, ovlivnění opylovačů a často diskutované téma vlivu na herbicidní účinnost.

#### 3.5.1 Vliv na fenologické fáze

Fenologické změny v reakci na změnu klimatu mohou měnit načasování událostí životního cyklu rostlin a také trvání jednotlivých fází fenologie (Keller & Shea 2022). Jedná se především o posun fáze klíčení, květu, stárnutí a zániku. Při studii z roku 2011 bylo zjištěno, že simulace zvýšené teploty a vyšší koncentrace oxidu uhličitého v modelových komorách potvrzuje dřívější klíčení u *Chenopodium album* a *Setaria viridis* o několik týdnů. Fáze kvetení nastala dokonce o více než 40 dní dříve než v kontrolních komorách s nynějšími podmínkami. Doba trvání vegetativní fáze byla u *C. album* o něco delší v kontrolních podmínkách než v podmínkách se zvýšenou teplotou a zvýšenou koncentrací CO<sub>2</sub>. U *S. viridis* byla délka této fáze naopak lehce kratší v kontrolních podmínkách. Mimo jiné i změny v nárůstu biomasy jsou také přímo ovlivněny posunem fenologických fází, a to zejména při zvýšené teplotě vzduchu (Lee 2011). Výzkum z roku 2009 se zaměřil na působení extrémních jevů, mimořádně suchých podmínek a silných dešťů. Ty byly schopny způsobit změny v posunu fenologických fází rostlin stejného rozsahu jako jedno desetiletí postupného oteplování. Experimentální simulace představovala 100 let extrémních povětrnostních fenoménů ve střední Evropě. U sledovaných druhů bylo zjištěno, že v průměru měsíc sucha se projevil výrazným posunem termínu kvetení. Silné srážky zkrátily délku kvetení o několik dní. Pozorované posuny, ale byly druhově specifické. Dále se fenologické reakce lišily u jednotlivých druhů v rámci složení společenstva. Kromě tohoto může být fenologická reakce společenstev na extrémní povětrnostní události modifikována funkční diverzitou porostu (Jentsch et al. 2009). Další studie zaměřené na fenologii v rámci plevelných rostlin poukázaly na to, že změna klimatických podmínek,

především teploty vzduchu může zapříčinit posun fenologických fází i v takovém rozsahu, že se z jednoleté rostliny stane rostlina víceletá, protože je schopná přezimovat (Sun et al. 2020).

Z výše uvedeného vyplývá, že rostlinná fenologie je velmi citlivá na výkyvy v podnebí. V rámci klimatické změny je tedy posun a délka fenologických fází rostlin nevyhnutelným jevem. V kontextu zemědělské produkce bude tedy čím dál větší problém poznat, kdy je vhodné začít s herbicidní ochranou. Proto bude nutné měnit termíny použití herbicidních přípravků, aby byla aplikace co nejvíce účinná.

Měnící se klima a s ním spojená zvýšená teplota tedy jednoznačně vyvolává změny v posunu fenologických fází u kvetoucích rostlin a hmyzích opylovačů. Je zde tedy obava, že tyto změny naruší vztah mezi rostlinami a opylovači (Rafferty & Ives 2011). Nástup kvetení rostlin a objevení prvních opylovačů se v několika případech posouvají lineárně v reakci na globální oteplování. Ačkoli je nutné očekávat značné rozdíly u jednotlivých druhů. Celkově je však důležité poukázat na to, že v rámci změny klimatu může docházet k časovému nesouladu mezi mutualistickými partnery (Hegland et al. 2009). V několika studiích bylo dokázáno, že zvýšená teplota má značný vliv na dřívější klíčení semen a následné kvetení i o několik týdnů u různých druhů plevelů (Ramesh et al. 2017). To tedy vznáší otázku, zda budou hmyzí opylovači schopni opylovat určité plevelné rostliny, pokud se naruší rovnováha mezi jejich fenologickými fázemi.

### **3.5.2 Vliv na herbicidní účinnost**

Plevelné druhy lze určitými způsoby omezovat či efektivně eliminovat. Mezi praktiky při hubení plevelů patří: mechanické, biologické, fyzikální či chemické metody. Chemické ošetření, tedy aplikace herbicidů je nejpoužívanější a nejefektivnější metodou, jak se zbavit plevelných rostlin. Herbicidy mají velké spektrum využití především v zemědělství, zahradách nebo v rámci dopravních tras. Herbicidní přípravky lze rozdělit podle doby aplikace na předset'ové (aplikace před setím), preemergentní (aplikace před vyklíčením hospodářské plodiny) a postemergentní preparáty (aplikace během růstu plodin). Dále je dělíme podle místa působení na foliární (listové) a kořenové přípravky. Příjem listových herbicidů rostlinami závisí na povrchu listů, tedy zda jsou listy hydrofobní či hydrofilní. Pokud je povrch hydrofobní, tak bývají v přípravcích přítomna i smáčedla.

Vzhledem k nepostradatelné úloze herbicidů při regulaci plevelů v zemědělství je nutno vyhodnotit, jak bude herbicidní účinnost ovlivněna měnícím se klimatem a s tím související změna koncentrace oxidu uhličitého, teploty, dostupnosti vláhy či atmosférických srážek (Kumar et al. 2023; Sreekanth et al. 2023).

Účinnost herbicidů se může měnit s rostoucí koncentrací CO<sub>2</sub> kvůli změnám ve fyziologických procesech rostlin. Zvýšená hladina CO<sub>2</sub> může u některých druhů rostlin snížit vodivost mezi průduchy až o 50 %. Tím pádem se efektivita listových herbicidů může snížit, protože rostlina aplikaci přípravku nevstřebá tak, jak by měla (Kumar et al. 2023). Příkladem může být foliární vstřebatelnost herbicidní látky glyfosát, která je snížena v prostředí s vyšší koncentrací CO<sub>2</sub> v důsledku tloušťky listů, snížené vodivosti přes průduchy a počtu otevřených průduchů (Kumar et al. 2023; Sreekanth et al. 2023). Snížená vodivost přes průduchy může ovlivnit i příjem kořenových herbicidů, protože ovlivňuje transpirační proud, což v důsledku snižuje příjem vody (Varanasi et al. 2016). Různé studie již potvrdily tuto sníženou účinnost u

vybraných druhů plevelných rostlin. Kupříkladu rostliny *Chloris gayana* (česky prstnatka), *Eragrostis curvula* (česky milička) a *Paspalum dilatatum* (česky paspal) měli vyšší schopnost přežití pod vlivem herbicidu v podmínkách zvýšeného CO<sub>2</sub> (Varanasi et al. 2016; Kumar et al. 2023). Na některé druhy plevelů, avšak herbicidy v podmínkách zvýšené koncentrace CO<sub>2</sub> mají stejně omezující vliv jako za normálních podmínek (Kumar et al. 2023).

Herbicidní účinnost může být dále ovlivněna přímo či nepřímo teplotou vzduchu. Teplota kontroluje mnoho fyziologických procesů, které probíhají v rostlinách. Od dýchání až po fotosyntézu, dále reguluje růst a vývoj rostlin. Proto je pronikání herbicidů do rostlin nepřímo ovlivněno změnou těchto dějů. Fyzikálně-chemické vlastnosti herbicidních látek mohou být přímo ovlivněny teplotou, což má za následek ovlivnění účinnosti herbicidů. Obecně zvýšená teplota může zvýšit absorpci a translokaci herbicidů, čímž se zvýší jejich účinnost. V některých případech, avšak vyšší teplota urychluje metabolismus herbicidů a tím snižuje jejich účinek, který může časem vyvolat rezistenci některých plevelných druhů. Pokud se aplikace foliárních postřiků provádí v horkých dnech, tak kapky roztoku rychle usychají a rostlina je nestihne vstřebávat. Mimo jiné těkavost některých látek, například syntetických auxinů, může negativně ovlivnit plodiny kvůli úletu par (Varanasi et al. 2016; Kumar et al. 2023) a vzniku rizika fytotoxických účinků na plodiny (Kumar et al. 2023). Teplota půdy je také velmi důležitým faktorem při rozkladu herbicidů. Studie prokázaly, že vyšší teplota půdy zajišťuje rychlejší degradaci v důsledku zvýšeného mikrobiálního a chemického rozpadu. Tím pádem se může snížit účinnost herbicidů aplikovaných do půdy (Varanasi et al. 2016; Kumar et al. 2023).

Atmosférické srážky a vlhkost půdy jsou jednoznačně dalšími faktory, které mají vliv účinnost herbicidů. Klimatická změna již nyní mění rozložení atmosférických srážek a vyskytující se extrémní děje jako sucha a povodně budou v budoucnu čím dál častějšími jevy (Kumar et al. 2023). Dešťové srážky ovlivňují příjem herbicidů tím, že smývají kapky herbicidů z povrchu listů nebo snižují koncentraci herbicidů v důsledku jejich zředění (Varanasi et al. 2016; Kumar et al. 2023). Tento účinek je výraznější, pokud ke srážkám dochází krátce po aplikaci herbicidu (Varanasi et al. 2016). Vliv na herbicidní účinnost má i vlhkost půdy, která je samozřejmě také ovlivňována dešťovými srážkami. Adsorpce herbicidů je výraznější v suché půdě, zatímco silné deště vyplavování herbicidů zvyšují (Kumar et al. 2023). Je tedy obecně doporučováno nepoužívat herbicidy ihned po dešti. Intenzita a délka trvání srážek určují odolnost herbicidu vůči dešti. Tato schopnost umožňuje herbicidu rychle zaschnout a proniknout do tkání listů, takže zůstává účinný i po dešti (Varanasi et al. 2016). Účinnost herbicidů je nepříznivě ovlivněna stavem nedostatku vody z důvodu snížené translokace a nižší transpirace rostlin. Tento efekt byl pozorován u vybraných druhů rostlin: *Amaranthus retroflexus* a *Urochloa plantaginea* (Kumar et al. 2023).

Větrné podmínky jsou v neposlední řadě také činitelem, který může ovlivnit to, jak herbicidy působí na rostliny. I když má vítr méně výrazný vliv než předchozí faktory, tak může způsobovat problémy při aplikaci herbicidů. Nejčastěji způsobuje odnos postřiku z listů, především menších kapek, a tím snižuje účinnost aplikace. Kromě toho mají postřikové preparáty tendenci rychleji zasychat za větrných podmínek, což následně snižuje příjem látek rostlinou. Vítr také ovlivňuje evapotranspiraci z povrchu listů, a tím mění příjem herbicidů z půdy. V případě kontaktních herbicidů však může vítr zvýšit účinek herbicidů, zejména při vysokých teplotách a nízké vlhkosti vzduchu (Varanasi et al. 2016).

## 4 Závěr

Závěrem lze říci, že poznatky této bakalářské práce poukázaly na to, že měnící se klimatické podmínky a globální oteplování mají opravdu významný vliv na druhové složení plevelného spektra. Zvýšená koncentrace oxidu uhličitého a rostoucí teploty vzduchu vedou a budou nadále vést k posunu hranic rozšíření některých plevelných druhů a také k jinému rozložení jejich fenologických fází. Kromě toho změny v množství a rozložení srážek budou rovněž měnit rozšíření plevelných rostlin a jejich početnost. Konkurenčně silné plevele budou nahrazovat ty, kterým se nebude v budoucích podmínkách dařit. Určité druhy budou do budoucna zmenšovat své populace či i nenávratně vymírat. Naopak některé druhy budou ohrožovat zemědělskou produkci takovým způsobem, že bude potřeba rozsáhlých změn v rámci ochrany rostlin nebo nebude možno na takovéto půdě vůbec hospodařit. Tím bude samozřejmě ovlivněna dostupnost potravin a jejich cena.

Účinnost herbicidních přípravků se mění a bude se měnit v závislosti na teplotě, koncentraci CO<sub>2</sub> i atmosférických srážkách. Tyto ochranné látky se tedy stávají méně účinnějšími v boji proti plevelům. Pokud nejsou vstřebávány rostlinami nebo se nevypaří, tak se splavem z půdy dostávají do vodních zdrojů, kde mohou působit závažné problémy.

Celkově výsledky této práce zdůraznily důležitost zohlednění dopadu měnících se klimatických podmínek na strategie managementu plevelů. Aby bylo možné účinně řídit a kontrolovat plevele tváří v tvář změněným klimatickým podmínkám, bylo nezbytné vzít v úvahu měnící se rozšíření a fenologická stadia těchto druhů. Tato studie poskytla hodnotný příspěvek k pochopení vlivu měnících se klimatických podmínek na ekologii plevelů a zdůraznila naléhavou potřebu dalšího výzkumu v této oblasti.

## 5 Seznam literatury

- Bláha L. 2006. Současné změny klimatu ovlivní zemědělskou produkci. *Úroda* **54**:36-38.
- Case MJ, Stinson KA, Bond-Lamberty B (editor). 2018. Climate change impacts on the distribution of the allergenic plant, common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) in the eastern United States. *Plos One* 13 (e0205677) DOI: 10.1371/journal.pone.0205677.
- Crhová L. 2022. Infomet: Přejít na nový klimatický normál 1991–2020. Český hydrometeorologický ústav. Available from <http://www.infomet.cz/index.php?id=read&idd=1643815773> (accessed February 2022).
- De Mol F, Von Redwitz C, Gerowitt B, Liebman M (editor). 2015. Weed species composition of maize fields in Germany is influenced by site and crop sequence. *Weed Research* **55**:574-585.
- Follak S, Strauss G. 2010. Potential distribution and management of the invasive weed *Solanum carolinense* in Central Europe. *Weed Research* **50**:544-552.
- Gerard PJ, Barringer JRF, Charles JG, Fowler SV, Kean JM, Phillips CB, Tait AB, Walker GP. 2013. Potential effects of climate change on biological control systems: case studies from New Zealand. *BioControl* **58**:149-162.
- Hegland SJ, Nielsen A, Lázaro A, Bjerknes A-L, Totland Ø. 2009. How does climate warming affect plant-pollinator interactions? *Ecology Letters* **12**:184-195.
- Hejný S, Slavík B (editors). 1990. Květena České republiky 2. Akademia, Praha.
- Hejný S, Slavík B (editors). 1992. Květena České republiky 3. Akademia, Praha.
- Holec J. 2020. Polní plevel a mění se klima. *Úroda* **68**:86-88.
- Huang Y, Zhang G, Fu W, Zhang Y, Zhao Z, Li Z, Qin Y. 2023. Impacts of climate change on climatically suitable regions of two invasive *Erigeron* weeds in China. *Frontiers in Plant Science* 14 (e1238656) DOI: 10.3389/fpls.2023.1238656.
- Chadha A, Florentine S, Javaid M, Welgama A, Turville Ch. 2020. Influence of elements of climate change on the growth and fecundity of *Datura stramonium*. *Environmental Science and Pollution Research* **27**:35859-35869.
- Chodová D, Salava J. 2005. Plevel a globální změny klimatu. *Úroda* **53**:56-57.
- Jentsch A, Kreyling J, Boettcher-Treschkow J, Beierkuhnlein C. 2009. Beyond gradual warming: extreme weather events alter flower phenology of European grassland and heath species. *Global Change Biology* **15**:837-849.



- Juroszek P, Tiedemann AV. 2013. Plant pathogens, insect pests and weeds in a changing global climate: a review of approaches, challenges, research gaps, key studies and concepts. *The Journal of Agricultural Science* **151**:163-188.
- Keller JA, Shea K. 2022. Pest management in future climates: Warming reduces physical weed management effectiveness. *Ecological Applications* 32 (e2633) DOI: 10.1002/eap.2633.
- Kieloch R, Gołębiowska H. 2018. Influence of environmental conditions and crop competition on morphological and biological diversity of *Avena fatua* L. and *Solanum nigrum* L. *Acta Agrobotanica* 71 (e1740) DOI: 10.5586/aa.1740.
- Kolářová M, Tyšer L, Piskáčková TAR, Májeková J. 2023. Incidence of thermophilic, grass and rare arable weeds in cereal fields in the Czech and Slovak Republic. *Plant, Soil and Environment* **69**:131-140.
- Komprsová I, Jančíková S. Stanovení počtu klíčivých semen plevelů v kompostech odebraných v rámci kontroly hnojiv: Zpráva o výsledcích z vegetačních testů za rok 2021. Brno: Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, 2022. Available from [https://eagri.cz/public/portal/-q455605---rnqC760F/vliv-dostupnosti-siry-v-pude-na-vynos?\\_linka=a306531](https://eagri.cz/public/portal/-q455605---rnqC760F/vliv-dostupnosti-siry-v-pude-na-vynos?_linka=a306531)
- Peters K, Breitsameter L, Gerowitt B. 2014. Impact of climate change on weeds in agriculture: a review. *Agronomy for Sustainable Development* **34**:707-721.
- Kubát K (editor). 2002. Klíč ke květeně České republiky. Academia, Praha.
- Kumar V, Kumari A, Price AJ, Bana RS, Singh V, Bamboriya SD. 2023. Impact of Futuristic Climate Variables on Weed Biology and Herbicidal Efficacy: A Review. *Agronomy* 13 (e559) DOI: 10.3390/agronomy13020559.
- Kunský J, et al. 1971. Zeměpis světa Afrika. Orbis, Praha.
- Lamoureaux SL, Bourdôt GW. 2014. The potential distribution of yellow bristle grass (*Setaria pumila*) in New Zealand. *New Zealand Plant Protection* **67**:226-230.
- Lee JS. 2011. Combined effect of elevated CO<sub>2</sub> and temperature on the growth and phenology of two annual C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> weedy species. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **140**:484-491.
- Mikulka J, Chodová D. 2001. Vliv změn klimatu na druhové složení plevelů. *Agromagazín* **2**:20-21.
- Mikulka J, Štrobach J, Smutná H. 2018. Vliv klimatických změn a technologií pěstování plodin na změny druhového spektra plevelů. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha.
- Mikulka J. 2006. Příčiny šíření durmanu obecného. *Úroda* **54**:54-55.

- Mikulka J. 2008. Výskyt nových plevelných druhů v trvalých kulturách. *Zahradnictví* **2**:40-41.
- Mikulka J. 2011. Expanze teplomilných plevelných druhů na zemědělské půdě. Rostliny v podmínkách měnícího se klimatu. 368-373 in Salaš P, (editor). *Úroda* (vědecká příloha).
- Mullin BH, Anderson LWJ, Ditomaso JM, Eplee RE, Getsinger KD. 2000. Invasive plant species. *Council for Agricultural Science and Technology* **13**:1-18.
- Peters K, Gerowitt B. 2014. Important maize weeds profit in growth and reproduction from climate change conditions represented by higher temperatures and reduced humidity. *Journal of Applied Botany and Food Quality* **87**:234-242.
- Peters K, Gerowitt B. 2014. Response of the two rare arable weed species *Lithospermum arvense* and *Scandix pecten-veneris* to climate change conditions. *Plant Ecology* **215**:1013-1023.
- Poudel A, Adhikari P, Na ChS, Wee J, Lee D-H, Lee YH, Hong SH. 2023. Assessing the Potential Distribution of *Oxalis latifolia*, a Rapidly Spreading Weed, in East Asia under Global Climate Change. *Plants* **12** (e3254) DOI: 10.3390/plants12183254.
- Pozděna J, Pozděna P. 2023. Agromanuál.cz: Lilek černý v bramborách. Kurent, s.r.o. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/plevele/lilek-cerny-v-bramborach> (accessed December 2023).
- Rafferty NE, Ives AR. 2011. Effects of experimental shifts in flowering phenology on plant-pollinator interactions. *Ecology Letters* **14**:69-74.
- Ramesh K, Matloob A, Aslam F, Florentine SK, Chauhan BS. 2017. Weeds in a Changing Climate: Vulnerabilities, Consequences, and Implications for Future Weed Management. *Frontiers in Plant Science* **8** (e00095) DOI: 10.3389/fpls.2017.00095.
- Satrapová J, Hyvönen T, Venclová V, Soukup J. 2013. *Plant, Soil and Environment* **59**:309-315.
- Satrapová J, Soukup J. 2014. Změna klimatu a její vliv na šíření teplomilných plevelů v ČR. *Úroda* **62**:31-34.
- Shabani F, Ahmadi M, Kumar L, Solhjoui-Fard S, Tehrany MS, Shabani F, Kalantar B, Esmaeili A. 2020. Invasive weed species' threats to global biodiversity: Future scenarios of changes in the number of invasive species in a changing climate. *Ecological Indicators* **116** (e106436) DOI: 10.1016/j.ecolind.2020.106436.
- Sharma R, Khan S, Kaul V. 2023. Predicting the potential habitat suitability and distribution of "Weed-Onion" (*Asphodelus tenuifolius* Cavan.) in India under predicted climate change scenarios. *Journal of Agriculture and Food Research* **14** (e100697) DOI: 10.1016/j.jafr.2023.100697.

- Slavík B (editor). 2000. Květena České republiky 6. Akademia, Praha.
- Smutný V, Winkler J. 2019. Změny druhového spektra plevelů v měnicích se podmínkách. *Úroda* **67**:70-71.
- Sreekanth D, Pawar DV, Mishra JS, Naidu VSGR. 2023. Climate change impacts on crop–weed interaction and herbicide efficacy. *Current Science* **124**:686-692.
- Sun Y, Ding J, Siemann E, Keller SR. 2020. Biocontrol of invasive weeds under climate change: progress, challenges and management implications. *Current Opinion in Insect Science* **38**:72-78.
- Štrobach J, Mikulka J. 2014. Teplomilné plevele na orné půdě v podmínkách České republiky. *Rostlinolékař* **25**:25-28.
- Taylor S, Kumar L, Reid N. 2012. Impacts of climate change and land-use on the potential distribution of an invasive weed: a case study of *Lantana camara* in Australia. *Weed Research* **52**:391-401.
- Varanasi A, Vara Prasad PV, Jugulam M. 2016. Impact of Climate Change Factors on Weeds and Herbicide Efficacy. *Advances in Agronomy* **135**:107-146.
- Vieira Araújo FH, Ferreira da Silva A, Ramos RS, Ferreira SR, Barbosa dos Santos J, Siqueira da Silva R, Shabani F. 2022. Modelling climate suitability for *Striga asiatica*, a potential invasive weed of cereal crops. *Crop Protection* 160 (e106050) DOI: 10.1016/j.cropro.2022.106050.
- Williams JA, West CJ. 2000. Environmental weeds in Australia and New Zealand: issues and approaches to management. *Austral Ecology* **25**:425-444.
- Winkler J. 2022. Agromanuál.cz: Suchovzdorné a teplomilné plevele. Kurent, s.r.o. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/plevele/suchovzdorne-a-teplomilne-plevele> (accessed September 2022).

## 6 Samostatné přílohy



© Christopher David Benda

Obrázek 5 *Abutilon theophrasti* Medik. (zdroj: Christopher David Benda)

[https://illinoisbotanizer.com/site/assets/files/2583/abutilon\\_theophrastii\\_copyright\\_dsc\\_0680.0x400.jpg](https://illinoisbotanizer.com/site/assets/files/2583/abutilon_theophrastii_copyright_dsc_0680.0x400.jpg)



© Vojtěch Abraham

Obrázek 6 *Amaranthus retroflexus* L. (zdroj: Vojtěch Abraham)

[https://files.ibot.cas.cz/cevs/images/taxa/large/Amaranthus\\_retroflexus15.jpg](https://files.ibot.cas.cz/cevs/images/taxa/large/Amaranthus_retroflexus15.jpg)



© Milan Chytrý

Obrázek 7 *Datura stramonium* L. (zdroj: Milan Chytrý)

[https://files.ibot.cas.cz/cevs/images/taxa/large/Datura\\_stramonium38324.jpg](https://files.ibot.cas.cz/cevs/images/taxa/large/Datura_stramonium38324.jpg)



© Zdenka Preislerová

Obrázek 8 *Echinochloa crus-galli* (L.) P. B. (zdroj: Zdenka Preislerová)

[https://files.ibot.cas.cz/cevs/images/taxa/large/Echinochloa\\_crus-galli14.jpg](https://files.ibot.cas.cz/cevs/images/taxa/large/Echinochloa_crus-galli14.jpg)



Obrázek 9 *Solanum nigrum* L. (zdroj: Frank Coulier)  
<https://observation.org/media/photo/32325892.jpg>