

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA EKOLOGIE



**EKOLOGIE *Setaria verticillata***

**ECOLOGY of *Setaria verticillata***

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Vedoucí práce: Ing. Pavla Vachová**

**Bakalant: Martina Kadlecová**

2015

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**

Katedra ekologie

Fakulta životního prostředí

# **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

Martina Kadlecová

Aplikovaná ekologie

Název práce

**Ekologie *Setaria verticillata***

Název anglicky

**Ecology of *Setaria verticillata***

---

## **Cíle práce**

Sledování změn vývoje *Setaria verticillata* v závislosti na hnojení kombinací prvků dusík, fosfor a draslík.

## **Metodika**

Květináčový experiment. 32 nádob, do každé zaseto 10 semen. Sledování změn fyziologie *Setaria verticillata* dle hnojení. Kombinace variant dusíku, fosforu a draslíku. Vytvořeno 8 variant, každá aplikována 4 květináče.

## **Doporučený rozsah práce**

30 stran

## **Klíčová slova**

živiny, nádobový experiment

## **Doporučené zdroje informací**

Begon, M., Harper, J. L., Townsend C. R., 1997. Ekologie Jedinci, populace a společenstva, Vydavatelství univerzity Palackého, Olomouc.

Chytrý, M., Kučera, T., Kočí, N. 2011. Katalog biotopů ČR. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR.

Jursík, M., Holec, J., Hanouz, P., Soukup, J. 2011. Plevelle – biologie a regulace. Kurent. České Budějovice.

Kohout, V. 1993. Regulace zaplevelení polí. Institut výchovy a vzdělávání MZe ČR. Praha.

Kohout, V. 1997. Plevelle polí a zahrad. Agrospoj. Praha.

Rebele F., Lehmann C., 2001: Biological flora of Central Europe: Calamagrostis epigejos (L.) Rot. Flora, 196, p. 325 – 344.

## **Předběžný termín obhajoby**

2015/06 (červen)

## **Vedoucí práce**

Ing. Pavla Vachová

Elektronicky schváleno dne 18. 9. 2014

**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 6. 11. 2014

**prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.**

Děkan

V Praze dne 19. 03. 2015

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: **Ekologie *Setaria verticillata*** vypracovala samostatně pod vedením Ing. Pavly Vachové a v seznamu literatury jsem uvedla veškerou použitou literaturu a další zdroje.

V Havlíčkově Brodě dne: 4. 4. 2015

Martina Kadlecová

**Poděkování:**

Chtěla bych velmi poděkovat Ing. Pavle Vachové za cenné rady, připomínky a ochotný přístup v průběhu zpracování bakalářské práce.

Díky patří také Městské knihovně Havlíčkův Brod za vstřícnost a pomoc při hledání vhodné literatury.

V neposlední řadě děkuji i své rodině a blízkým za trpělivost a velkou podporu během studia.

## Abstrakt

Cílem této bakalářské práce bylo získání a zhodnocení informací o produkci semen a růstových charakteristikách *Setaria verticillata* (L.) P. B (bér přeslenitý) z rodu *Setaria* (bér) v závislosti na dostupnosti živin dusíku, fosforu, draslíku a čase. Potřebná data byla nasbírána díky založenému venkovnímu nádobovému experimentu, ve kterém byla tato rostlina pěstována, pravidelně měřena a hodnocena.

*S. verticillata* patří v současné době mezi vysoce přizpůsobivý a rozšiřující se teplomilný plevelný druh. Jeho velikou výhodou je výborná adaptace na stres. Toleruje řadu inhibičních chemických látek (například herbicidy a soli). Rod *Setaria* se rychle přizpůsobuje zemědělskému managementu a je schopný produkovat značné množství semen, která se navíc mohou v případě *S. verticillata* přesunout i na velké vzdálenosti prostřednictvím přichytných háčků. Další významnou charakteristikou tohoto druhu je tvorba hustých a velmi špatně prostupných porostů.

Z nasbíraných dat vyplývá, že *S. verticillata* je výrazně nitrofilním druhem a to již od počátku růstu. Na stanovištích s vysokým obsahem dusíku může vytvořit značné množství biomasy a semen, což by ji mohlo napomoci k rychlému šíření do dalších lokalit.

Práce se dále zabývá v současné době velmi diskutovanou problematikou globálního oteplování a jeho vlivu na rostlinné invaze. Pozornost byla také věnována možnému invaznímu potenciálu *S. verticillata* v České republice.

Včas určit a poznat možné invazní plevele je nezbytným předpokladem pro volbu vhodných zásahů a úspěšné omezení jejich působení. Výsledkem těchto preventivních regulací by měla být co největší možná udržitelnost druhové diversity, ochrana polních kultur, ale zároveň zachování nedílné plevelné součásti přírody.

**Klíčová slova:** dusík, draslík, fosfor, invazivní rostliny, nádobový experiment, změna klimatu.



## Abstract

The aim of this work was to obtain and evaluate information on seed production and growth characteristics of *Setaria verticillata* (bristly foxtail) under genus *Setaria* (foxtail) with regard to the availability of nutrients nitrogen, phosphorus, potassium and time. Required data have been gathered through outdoor container experiment, in which this plant was cultivated, regularly measured and evaluated.

*S. verticillata* is currently considered as highly adaptable and expanding thermophilic weed species. Its great advantage is an excellent adaptation to stress. It tolerates a number of inhibitory chemical substances (e.g. herbicides and salts). The *Setaria* (foxtail) genus adapts rapidly to agricultural management and is capable of producing large quantities of seeds, which in case of *S. verticillata* may spread over large distance using its hooks. Another important characteristic of this species is the production of dense vegetation, which can be passed through only with difficulty.

The collected data show that *S. verticillata* is a highly nitrophilous species and is that way from the onset of its growth. In locations containing high amounts of nitrogen, it can create large amounts of biomass and seeds, which could be helpful to spread to further locations.

The thesis deals with currently very discussed theme of global warming and its influence to plants invasions. The attention was paid to likely invasion potential of *S. verticillata* in Czech republic.

Timely determination and identification of potential invasive weeds is a necessary prerequisite to be able to choose appropriate interventions and limit their activity with success. The result of these precautions should be the highest-possible species diversity, protection of field plantations together with simultaneous maintenance of unexpansive weed component of nature.

**Keywords:** climate change, invasive plants, nitrogen, phosphorus, potassium, pott experiment



# Obsah

|   |    |
|---|----|
| <b>1. Úvod</b> .....  | 10 |
| <b>2. Cíle práce</b> .....  | 12 |
| <b>3. Literární rešerše</b> .....   | 13 |
| 3.1 Naturalizace a invaze nepůvodních rostlin .....                                 | 13 |
| 3.2 Faktory zvyšující invazivní potenciál druhů .....                               | 14 |
| 3.3 Hybridizace rodu <i>Setaria</i> .....   | 14 |
| 3.4 Změny klimatu a rostlinné invaze .....  | 15 |
| 3.5 Klimatická změna a její projevy v České republice (současnost a budoucnost).... | 17 |
| 3.6 Šíření teplomilných plevelných druhů v České republice.....                     | 18 |
| 3.7 Taxonomické zařazení <i>Setaria verticillata</i> .....                          | 19 |
| 3.8 Morfologické znaky <i>Setaria verticillata</i> .....                            | 24 |
| 3.9 Upřednostňované stanoviště <i>Setaria verticillata</i> .....                    | 25 |
| 3.10 Minerální výživa rostlin .....   | 26 |
| 3.11 Charakteristika prvků N, P, K.....   | 26 |
| <b>4. Metodika</b> .....  | 29 |
| 4.1 Charakteristika nádobového experimentu.....                                     | 29 |
| 4.2 Vlastnosti a označení použitých nádob .....                                     | 30 |
| 4.3 Zasetá semena .....   | 30 |
| 4.4 Zemina .....  | 30 |
| 4.6 Hnojivo .....   | 31 |
| 4.7 Dávkování prvků.....  | 31 |
| 4.8 Způsob a frekvence hnojení .....  | 31 |
| 4.9 Sběr dat .....  | 31 |
| 4.10 Metodika sklizně .....   | 32 |
| 4.11 Sběr dat po sklizni.....   | 32 |
| <b>5. Přehled výsledků</b> .....  | 33 |
| 5.1 Klíčivost.....  | 33 |
| 5.2 Stébla.....   | 34 |
| 5.3 Listy .....   | 36 |
| 5.4 Klasy .....   | 37 |
| 5.5 Semena.....   | 37 |
| 5.6 Výška rostlin .....   | 38 |
| 5.7 Váha suché biomasy .....  | 39 |
| <b>6. Diskuse</b> .....   | 40 |
| <b>7. Závěr</b> .....   | 43 |
| <b>8. Přehled literatury a použitých zdrojů</b> .....                               | 44 |

# 1. Úvod

Invaze nepůvodních druhů rostlin se staly jednou z hlavních človkem podmíněných změn prostředí, k nimž dochází v souvislosti s růstem lidské populace, s expanzí industrializované společnosti, a zejména s rozvojem dopravy včetně následné migrace lidí a transportu zboží (Marková et Hejda, 2011). Dalším faktorem ovlivňujícím invazi nepůvodních druhů rostlin se zdá být v poslední době hodně diskutované globální oteplování. Jelikož probíhající klimatické změny ovlivňují fyziologické procesy a růst rostlin, lze předpokládat, že změny klimatu budou mít vliv i na to, jaké invazní druhy budou v budoucnosti úspěšné (Pyšek et al., 2007). Například Walther (2007) poukazuje na spojitost mezi nižšími zimními teplotami ve Švýcarsku a šířením teplomilné asijské palmy *Trachycarpus fortunei* (žumara ztepilá) do švýcarských tvrdolistých lesů. Na možné budoucí šíření druhů, které jsou v současné době regulovány nízkými zimními teplotami, poukazuje rovněž Scalera (2012).

Inspirací pro tuto práci byly výzkumné studie zabývající se invazí rostlinných druhů. Naši nepůvodní flóru a průběh invazí zmapoval například Pyšek (2012), Jehlík (1998), nebo Mlíkovský et Stýblo (2006). Pozornost jim také věnují regionální studie (Hadincová et al., 1997; Málková et Wágnerová, 1997; Matějčec, 2008; Petřík et Pergl, 2008). Rovněž konference České botanické společnosti a sborníky (Pyšek et al., 2007) představovaly důležitý zdroj informací.

Nicméně problematika možného šíření *S. verticillata* nebyla zatím v České republice podrobněji popsána, a proto jsem se rozhodla zaměřit svoji bakalářskou práci právě na ni.

*S. verticillata* se v České republice řadí mezi naturalizované rostliny (Pyšek et al., 2012) a v současné době u nás nemá invazní charakter. Avšak dle pravidla desetiny (Williamson et Fitter, 1996) může zhruba 10% z celkového počtu naturalizovaných druhů při vhodných podmínkách způsobit ekonomické škody. Tuto pravděpodobnost zvyšuje i fakt, že se již v několika zemích (např. v Havaji, Izraeli, Keni, Peru, Jižní

Africe, Španělsku, Turecku) stala rychle šířícím se problémovým plevelem (Holm et al., 1977; Holm et al., 1979; Al-Kathiri, 1994; Gözcü et Uludag, 2005).

Na možné budoucí invazivní problémy s rodem *Setaria* upozorňuje ve své práci rovněž Dekker (2003).

Bakalářská práce je rozdělena do několika částí. Literární rešerše neboli teoretická část nastiňuje invaze rostlin, změny klimatu, charakterizuje studovaný druh (*Setaria verticillata*) a stručně seznamuje s minerální výživou rostlin. Metodická část popisuje průběh nádobového experimentu. Získaná data jsou prezentována v přehledu výsledků. Konec práce je věnován diskusi a závěru.

## 2. Cíl práce

Cílem této bakalářské práce je zhodnocení vlivu minerálních látek dusíku, fosforu a draslíku (dále jen N, P, K) na růstové charakteristiky *S. verticillata*. Snaží se poskytnout lepší informace o ekologických nárocích tohoto plevelného druhu. Potřebná data byla získána v praktické části, a to díky již zmiňovanému založenému venkovnímu nádobovému pokusu.

Na základě naměřených dat si práce klade tyto otázky:

- Ovlivní rozdílná dostupnost prvků N, P, K tvorbu klasů, produkci a hmotnost semen?
- Ovlivní rozdílná dostupnost prvků N, P, K tvorbu a vzhled listů?
- Ovlivní rozdílná dostupnost prvků N, P, K tvorbu a vzhled stébel?
- Ovlivní rozdílná dostupnost prvků N, P, K výšku rostlin?
- Ovlivní rozdílná dostupnost prvků N, P, K hmotnost biomasy rostlin?

V teoretické části se pak práce nově rozšiřuje o další cíl, a to zhodnocení vlivu globálního oteplování na invazi rostlin včetně diskuse možného invazního potenciálu *S. verticillata* v České republice.

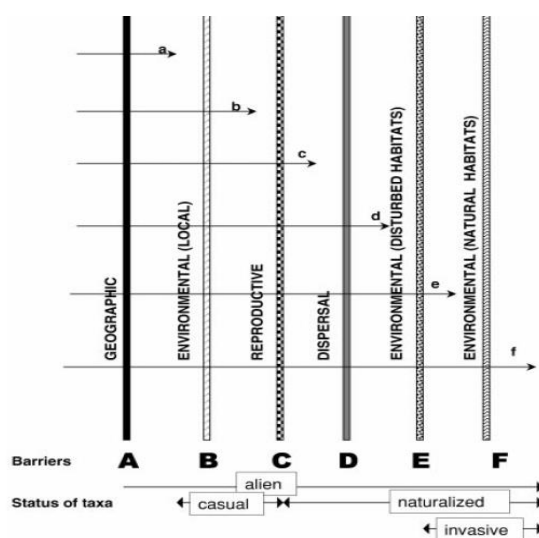
### 3. Literární rešerše

#### 3.1 Naturalizace a invaze nepůvodních rostlin

Rostlinnou invazi si lze představit jako proces překonávání bariér, od geografických přes environmentální a reprodukční, dále přes bariéry bránící šíření a přes překážky, které invadujícímu druhu klade do cesty vegetace v místě invaze. (Richardson et al., 2000).

Invazivní proces šíření druhů rozdělil Groves (1986) do tří fází: introdukce, kolonizace a naturalizace. Na nutnost upravení této terminologie upozornil Richardson (2000) a navrhl rozdělení zavlečených druhů na přechodně zavlečené, naturalizované a invazivní. Mezi hlavní důvody standardizace terminologie patřilo upřesnění pojmu naturalizace, který byl často používán v odlišných formách významu.

Richardson (2000) považuje za začátek naturalizace okamžik, kdy bariéry dané novým prostředím (B) nebrání jedincům v přežívání a současně jsou překonány bariéry pro pravidelné rozmnožování (C). Jako invazivní druh označuje druh, který překonal bariéry pro šíření v novém prostředí (D), a úspěšně se vyrovnal s rozdílným abiotickým i biotickým prostředím (E, F) (obr. č. 1).



Obr. č. 1: Schematické znázornění hlavních překážek omezujících šíření rostlin (Richardson et al., 2000).

### 3.2 Faktory zvyšující invazivní potenciál druhů

Biologické vlastnosti zvyšující předpoklady rostlin stát se invazivními označujeme jako tzv. invazivnost druhů (Mack et al., 2000). Potencionální invaze do nových území je podmíněna souhrnem více faktorů. Důležité jsou schopnosti nejen samotných druhů, ale i vlastnosti nově osidlovaných území (Jehlík, 1998; Radosevich et al., 1997).

Předností invazivních druhů je schopnost přizpůsobit se změněným stanovištním podmínkám (Kohout, 1997; Radosevich et al., 1997). To potvrzuje i Lonsdale (1999), který předpokládá, že úspěch invaze na určité lokalitě závisí na schopnosti druhu šířit se, uchytit se a přežít.

Invazivní druhy jsou charakteristické krátkým a jednoduchým životním cyklem, vysokou plodností a genetickou variabilitou (Radosevich et al., 1997). Strategie na uchycení v nově osidlovaných územích jsou různé. Barrett et Shore (1989) poznamenávají, že vysoká genetická variabilita není u větrosprašných plevelných druhů podmínkou pro úspěšnou kolonizaci a evoluční úspěch. Tyto druhy uplatňují především genetický polymorfismus s vývojem lokálně adaptovaných genotypů (specialistů) a fenotypovou plasticitu pro rozvoj tzv. generalistů (Barret et Richardson, 1986).

U plevelných druhů *Setaria* jsou rozdíly mezi homogenními populacemi vysoké, což ukazuje na silnou tendenci k lokální adaptaci pouze jedním genotypem. Takže téměř všechny populace se skládají z jediného výhodného genotypu (Emery, 1957).

### 3.3 Hybridizace rodu *Setaria*

V současné době se pozornost zaměřuje na genetický výzkum a cílené křížení mezi zástupci rodu *Setaria*. Snahou je vyvinout nové odrůdy plodin, které mohou produkovat více obilí při použití menšího množství vody. Tyto studie jsou zaměřeny na vzájemné opětovné křížení mezi *Setaria italica* (bér italský) a *Setaria viridis* (bér zelený) (Qie et al., 2014).

Mimo toto cílené křížení může probíhat i hybridizace ve volné přírodě, zejména v místech překryvu výskytu jednotlivých druhů *Setaria*. Například *Setaria gussonei* (bér klamný) je považován za ustáleného křížence mezi *Setaria verticillata* a *Setaria viridis* (Kubát, 2002). Mlíkovský et Stýblo (2006) upozorňují na možnost hybridizace *Setaria faberi* (bér ohnutý) s ostatními zástupci rodu *Setaria*.

Je vysoce pravděpodobné, že se bude *S. verticillata* do budoucna dále ve volné přírodě křížit. Jedná se o diploidní druh vybavený 18 chromozomy ( $x=9$ ), který vykazuje značnou genetickou nestabilitu a je u něj vysoká pravděpodobnost hybridizace s jinými blízkými diploidními druhy (Haroun, 1997).

### 3.4 Změny klimatu a rostlinné invaze

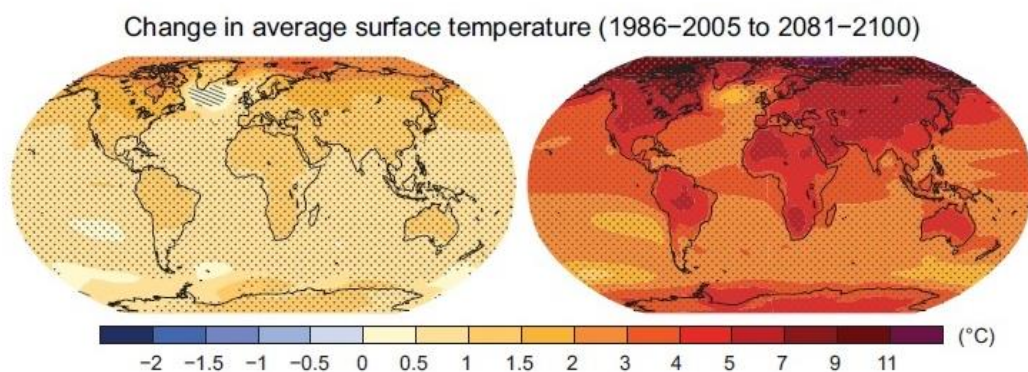
V dávné minulosti docházelo neustále ke změnám klimatu. Během celé geologické historie se patrně střídala období teplejší a chladnější. Avšak mezivládní panel pro změny klimatu (*Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC*), což je studijní skupina složená z prominentních vědců organizovaná OSN, se jednoznačně shoduje na tom, že současné oteplování planety je z velké části důsledkem lidské činnosti (IPCC, 2014).

Oxid uhličitý (dále jen  $\text{CO}_2$ ), metan a různé vzácné plyny v atmosféře, souhrnně nazývané skleníkové plyny, dobře propouštějí sluneční záření, které ohřívá zemský povrch, a také současně společně s mraky zachycují energii vyzařovanou ze Země ve formě tepla (Primack et al., 2011). V posledních sto letech značně rostou koncentrace  $\text{CO}_2$ , a to především v důsledku lidské činnosti jako je spalování fosilních paliv a kácení lesů (IPCC, 2007).

Obsah  $\text{CO}_2$  v atmosféře vzrostl během posledních 100 let z 290 ppm ( $\text{mg/m}^3$ ) na 383 ppm a předpokládá se, že někdy během druhé poloviny 21. století se tato hodnota ještě zdvojnásobí. I v případě, že se podstatně sníží produkce  $\text{CO}_2$ , nedojde k velkému snížení jeho koncentrace v atmosféře, protože každá molekula  $\text{CO}_2$  zde zůstává po dobu zhruba 100 let, dokud ji nespotebují rostliny a přirozené biochemické procesy (Primack et al., 2011).

Počítačové klimatické modely předpovídají, že kolem roku 2100 vzroste průměrná teplota povrchu Země vůči dnešku o 2 – 4 °C (obr. č. 2) následkem zvýšených

koncentrací CO<sub>2</sub> a dalších skleníkových plynů (IPPC, 2013). Snaha o zredukování míry jejich vypouštění do ovzduší dala vzniknout tzv. Kjótskému protokolu z roku 1997, který zavazuje signatáře k redukcí emisí skleníkových plynů. Bohužel řada států tento protokol nepodepsala.



Obr. č. 2: Předpovídaný vzrůst teploty v období 2081 – 2100, jako změna (ve °C) oproti stavu z let 1986 – 2005 (IPPC, 2013).

Na Zemi existuje řada významných vazeb mezi ekosystémy a klimatickou soustavou planety (Miko et Zaunbergerová, 2009). Podnebí rozhodujícím způsobem formuje rozmístění organismů na zemském povrchu (Lomolino et al., 2005; Thuiller et al., 2006) a jeho změna ovlivňuje šíření nepůvodních druhů (Clements et Dittommaso, 2011; IPCC, 2014).

V dějinách Země se již vyskytly četné dramatické změny podnebí. Ekosystémy na ně vždy reagovaly. Zanikly či přežily – přizpůsobily se novým podmínkám (Miko et Zaunbergerová, 2009). Zvláště plevelné rostliny jsou schopny reagovat velmi rychle a využít měnící se podmínky ve svůj prospěch (Radosewicz, 1997; Clements et al., 2004).

V důsledku oteplování planety se areály teplomilných druhů posouvají do vyšších nadmořských výšek a směrem k pólům (Walther et al., 2007). Rostliny vyskytující se původně v teplých krajích tak dostávají možnost expandovat do dalších lokalit, na místa pro ně v minulosti nevhodná (Pyšek et al., 2000). Invazivní rostliny jsou často vnímány jako poslové klimatické změny vzhledem k jejich potenciálu způsobit ekonomické a ekologické škody v procesu rozšiřování jejich stanovišť (Clements et Dittommaso, 2011). Změna klimatu by mohla mít také za následek



vyhynutí vzácných nebo ohrožených druhů. V budoucnosti bude nezbytné vytvořit nová chráněná území vhodná pro tyto druhy a některým umožnit migraci podél nových migračních cest (Hannah et al., 2007).

Holm et al. (1979) uvádějí, že *S. verticillata* je klasifikována jako závažný plevel na Havaji, Izraeli, v Libanonu, Keni, Peru, Jižní Africe, Španělsku, Tanzanie, Turecku, Tunisku a Zambii. Velké škody působí v kukuřici v Izraeli a ve Španělsku (Holm et al., 1977). Je přítomna ve více než 25% z bavlníkových polí v části Turecka (Gözcü et Uludag, 2005), ovlivňuje širokou škálu plodin v Jemenu (Al-Kathiri, 1994) a je plevelem pšenice ve východní Africe. Výsledkem toho jsou značné škody na plodinách (Holm et al., 1977).

Nepůvodní druhy mohou v závislosti na konkrétní situaci negativní dopady změn klimatu kompenzovat nebo zesilovat (Schweiger et al. 2010). Jednotlivé invazní druhy bude třeba posuzovat individuálně. Některé bude nutno i nadále omezovat a likvidovat, na jiné však bude možno nahlížet i jako na obohacení lokální biodiverzity a důležitý prvek fungování ekosystémů, ve kterých nahradily druhy původní (Walther et al. 2009).

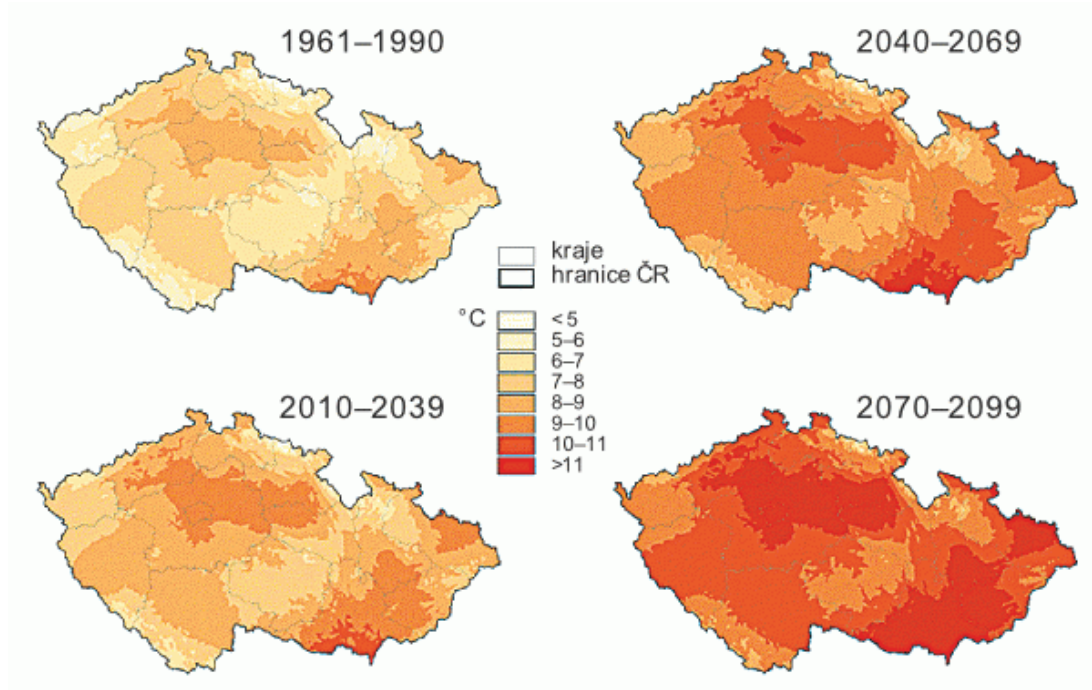
### **3.5 Klimatická změna a její projevy v České republice (současnost a budoucnost)**

Průměrná roční teplota v České republice podléhá meziročním změnám, ale stále vykazuje vzestupný trend (necelé 0,3 °C / 10 let). Nárůst teplot má za následek zvyšující se teplotní extremitu. Zvyšuje se průměrný počet dní s vysokými teplotami (letní a tropické dny, tropické noci), klesá průměrný počet dní s nízkými teplotami (mrazové, ledové a arktické dny) (ČHMÚ, 2014).

Scénáře odhadující klimatické změny pro území Česka (obr. č. 3) jsou tvořeny z výstupů regionálního klimatického modelu ALADIN-CLIMATE/CZ, který byl vytvořen v Českém hydrometeorologickém ústavu. Model pracuje v horizontálním rozlišení 25 km a zahrnuje období 1961–2100. Jako základní prvky pro scénář byly vybrány: průměrná denní teplota vzduchu, denní úhrn srážek, denní suma globálního

záření, průměrná denní rychlost větru a relativní vlhkost vzduchu (Kvalvová et al., 2009, Pretel, 2012).

V prvním období 2010–2039 se odhadovaná teplota vzduchu na území ČR zvýší podle modelu ALADIN 25 cca o 1°C, oteplení v létě a v zimě bude jen o něco menší než na jaře a na podzim. V období 2040–2069 je očekáváno již oteplení výraznější, nejvíce se zvýší teploty vzduchu v létě (o 2,7 °C), nejméně v zimě (o 1,8 °C). Za zmínku stojí zvýšení teplot v srpnu o téměř 3,9 °C. V posledním období 2070–2099 bude předpokládané oteplení v létě dosahovat 4 °C, na podzim a v zimě bude činit „pouze“ 2,8 °C (Kvalvová et al. 2009; Pretel, 2012).



Obr. č. 3: Očekávaný vývoj průměrné roční teploty vzduchu v ČR (Pretel, 2012).

### 3.6 Šíření teplomilných plevelných druhů v České republice

Nepůvodní druhy organismů představují pro naši přírodu riziko. Působí zejména na živou složku přírody, tj. flóru a faunu. Dostávají se na naše území záměrným lidským vysazením i náhodou, či se samovolně šíří ze svých areálů (Mlíkovský et Stýblo, 2006). V současné době je fenoménu člověkem přemísťovaných organismů věnována velká pozornost a je snaha zmapovat znalosti o nepůvodních druzích, zhodnotit dopady na přírodu v České republice a vytvořit návrh, jaké k daným

druhům zaujmout stanovisko. Za zmínku jistě stojí publikace, kterou zpracoval Jehlík (1998), nebo Mlíkovský et Stýblo (2006). Tyto knihy obsahují značné množství informací včetně map týkajících se rozšíření nepůvodních druhů fauny či flóry České republiky.

Dlouhodobá pozorování šíření cizích plevelů na území České republiky jednoznačně potvrzují také vliv globálního oteplování klimatu na zrychlení postupného rozšiřování většiny teplomilných plevelů v několika posledních desetiletích do relativně chladnějších a vlhčích poloh nejen horizontálně, ale i vertikálně (Jehlík, 1998). Na stoupající riziko jejich šíření upozorňuje rovněž Mikulka et Kneifelová (2003). Tyto druhy se nejdříve uchytí v pro ně klimaticky příhodných regionech (např. Jižní Morava či Polabí) a odtud se postupně dostávají do vyšších a chladnějších poloh (Mikulka, 2011).

*S. verticillata* se k nám zavléká hlavně špatně vyčištěným osivem, nalezena byla například podél železnic, přecladišť, i na dvorech výroben krmných směsí (v okolí sil a mísíren krmiv) (Jehlík, 1998).

Rod *Setaria* se rychle přizpůsobuje široké škále stanovištních podmínek a postupně osidluje nové lokality. Například *S. faberi* byla v minulosti neznámá v severoamerických kukuřičných polích, avšak nyní zde působí problémy. Tento rod se dokáže dobře vyrovnat se stresovými faktory, jako je sucho, mechanické poškození či aplikace herbicidů (Dekker et al., 2003). *Setaria verticillata* má tedy předpoklady stát se problémovým plevelem v České republice. Současný výskyt byl potvrzen zejména v klimaticky teplých oblastech (AOPK, 2015<sup>f</sup>), odtud by se mohla šířit dál. Postup tohoto posunu by mohl být značně rychlý, protože přenos semen na dlouhé vzdálenosti od mateřské populace je usnadněn jejich přichytnými háčky (Kubát, 2002).

### **3.7 Taxonomické zařazení *Setaria verticillata***

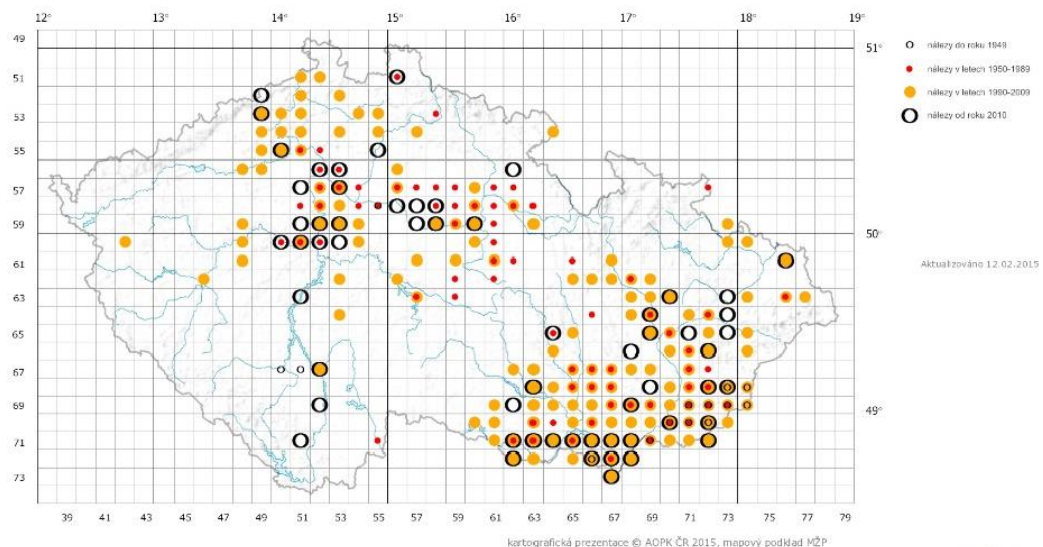
*S. verticillata* patří do rodu *Setaria*, který pochází pravděpodobně z Afriky (Prasada et al., 1987). Tropický rod *Setaria* byl postupně rozšířen do Eurasie a adaptován na širší škálu podmínek prostředí a přírodních stanovišť (Dekker et al., 2003).

Rod *Setaria* patří do čeledi *Poaceae* (lipnicovitých) (Kubát, 2002), která náleží do řádu *Poales* (lipnicotvaré) patřícího do skupiny jednoděložných větrosprašných rostlin (Grau et al., 1998). Řád *Poales* představuje více než jednu třetinu všech jednoděložných rostlin a zahrnuje mnoho hospodářsky významných plodin. Vznikl pravděpodobně v pozdní křídě, kdy se vyskytoval na živiny chudých vlhkých stanovištích (Linder et Rudall, 2005).

V České republice roste z rodu *Setaria* šest druhů. Všechny rostou zpravidla mimo les, jako polní plevel nebo na ruderálních místech, podél železnice či v městské zástavbě. Nacházejí se hlavně v teplejších oblastech, od nížin po střední polohy (Kubát, 2002).

*Setaria pumila* (Poiret) Roem. et Schult. – **bér sivý** je v České republice dosti hojným druhem (obr. č.4) (Mlíkovský et Stýblo, 2006).

Charakteristické jsou pro něj zprvu žluté a později rezavé štětiny na kláscích vyrůstajících z vřetene lichoklasu jednotlivě. Líc čepele mladých listů má bázi pokrytou dlouhými odstávajícími chlupy (Kubát, 2002).

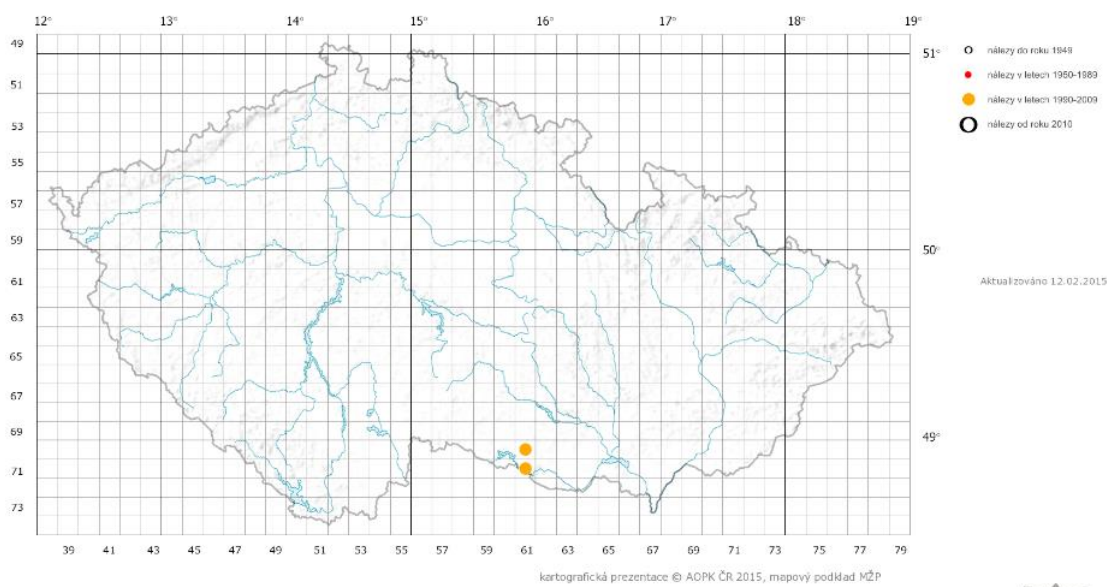


Obr. č. 4: Přehled rozšíření *Setaria pumila* v České republice (AOPK ČR, 2015<sup>a</sup>).

*Setaria faberi* F. Herrmann roste roztroušeně v Polabí, jinde je zavlékán jen výjimečně (obr. č. 5) (Kubát, 2002). Avšak Mlíkovský et Stýblo (2006) se domnívají, že tento druh v České republice začíná expandovat.

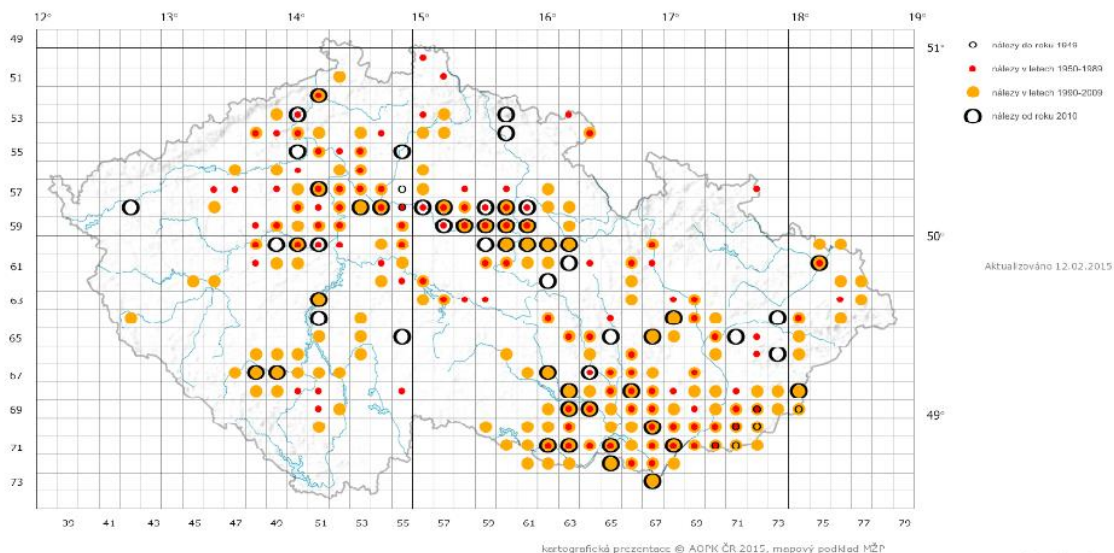
Typický je pro něj vždy převislý lichoklas a lehce chlupatá čepel listů. Avšak někteří autoři rozlišují rostliny s listy lypsými (*Setaria faberi*) a s listy chlupatými (*Setaria macrocarpa*) (Kubát, 2002). Například toto rozlišení používá ve své publikaci Jehlík (1998).

Klásky má 2,5-3 mm dlouhé, horní pleva je kratší než plucha, která je silně příčně svraskalá.



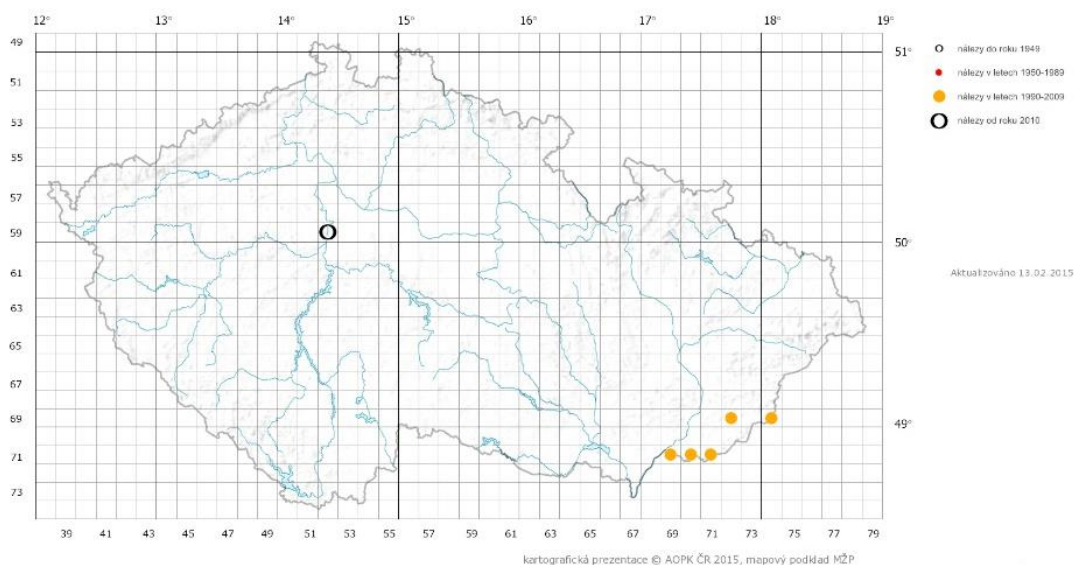
Obr. č. 5: Přehled rozšíření *Setaria faberi* v České republice (AOPK ČR, 2015<sup>b</sup>).

*Setaria viridis* (L.) P. B. subsp. **viridis** – **bér zelený pravý** je v České republice roztroušeným druhem (obr. č. 6). Typické jsou pro něj hustě trsnaté porosty (Křeča, 1993) a klásky zcela zakryté vřetenem lichoklasu. Štětiny má tenké, prohnuté, blizny žlutobílé (Kubát, 2002).



Obr. č. 6: Přehled rozšíření *Setaria viridis* v České republice (AOPK ČR, 2015<sup>c</sup>).

*Setaria gussonei* Kerguelen je zařazen v červeném seznamu České republiky (Procházka et al., 2001). Jeho nálezy jsou zobrazeny na obr. č. 7.

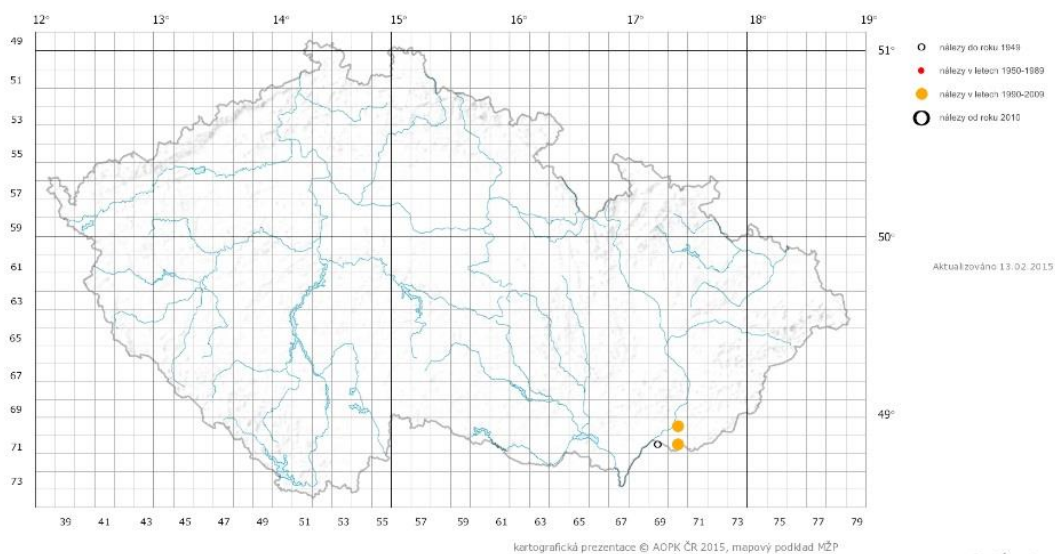


Obr. č. 7 : Přehled rozšíření *Setaria gussonei* v České republice (AOPK ČR, 2015<sup>d</sup>).

*Setaria italica* (L.) P. B. je pěstována jako kulturní plodina. Ze získaných obilok se vyrábí krmivo pro ptáky. Občas zplaňuje. Její výskyt je zobrazen na obr. č. 8.

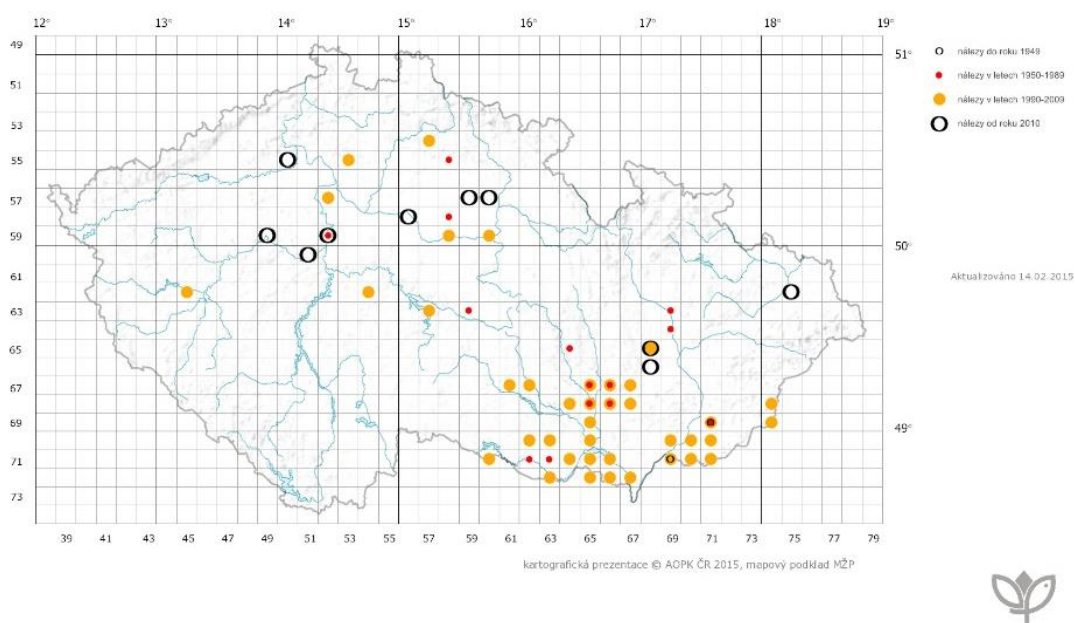
Má až 30 cm dlouhý laločnatý převislý lichoklas. Klásky neopadávají v době zralosti celé, pluchy zůstávají na stopkách. V České republice se nachází i jeho

poddruh *Setaria italica subsp. moharia* (Alef.) Körn. - **bér italský** mohárový, který se vyznačuje menším nelaločnatým přímým lichoklasem (Kubát, 2002).



Obr. č. 8: Přehled rozšíření *Setaria pumila* v České republice (AOPK ČR, 2015<sup>e</sup>).

*Setaria verticillata* (L.) P. B. (podrobněji popsána níže) je v České republice řazena mezi roztroušené druhy (obr. č. 9) Od předchozích druhů se liší přetrhovaným lichoklasem, který je zesponu nahoru silně drsný (Kubát, 2002).



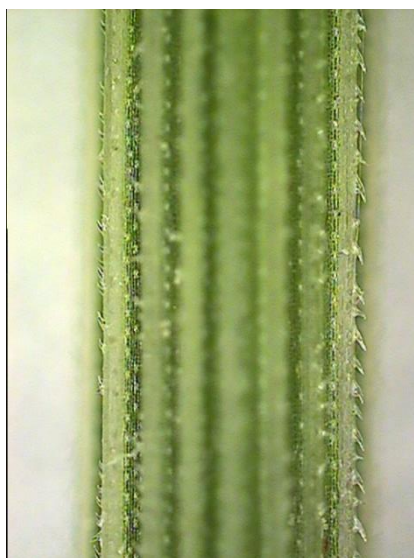
Obr. č. 9: Přehled rozšíření *Setaria verticillata* v České republice (AOPK ČR, 2015<sup>f</sup>).

### 3.8 Morfologické znaky *Setaria verticillata*

*S. verticillata* je jednoletá šedavě zelená tráva. Přímá nebo vystoupavá stébla dorůstají výšky 20 až 100 cm. Často mají načervenalé zbarvení. Spodní část je hladká, horní drsná (Dostál, 1989). Drsnost stébel způsobují osténky, které jsou zobrazeny na obr. č. 10. Část bez nich zachycuje obr. č. 11.

Data nasbíraná díky založenému venkovnímu nádobovému experimentu poukazují na souvislost mezi červeným zbarvením stébel a nedostatečným přísunem dusíku (více experimentální část práce str. 34).

Pochvy listů jsou hladké nebo slabě drsné, čepele skoro lysé, jen na bázi brvité, ploché, 5–30 cm dlouhé, 5–15 mm široké, na líci a na okrajích drsné (obr. č. 12) (Dostál, 1989).



Obr. č. 10: Detail zobrazující osténky na stéble (foto: Martina Kadlecová).



Obr. č. 11: Část stébla bez ostének (foto: Martina Kadlecová).



Obr. č. 12: Detail ostének u listu (foto: Martina Kadlecová).



*S. verticillata* kvete od června do podzimu, rozmnožuje se pouze generativně. Plodem jsou drobné, lesklé obilky (Kohout, 1997).

Lichoklas je válcovitý až vejčitý (obr. č. 13), alespoň na bázi přetrhovaný, 5–10 cm dlouhý. Štětiny pod klásky jsou jednotlivé, zelené nebo fialově naběhlé (Dostál, 1989, Kubát, 2002). Mají malé zpětně směřující ostny (obr. č. 14), které pomáhají k zachycení na oblečení či zvířecí srsti, což usnadňuje rozptyl semen (Dostál, 1989).

Kořenový systém vytváří jemný svazčítý, rozložený spíše při povrchu.



Obr. č. 13: Klas *Setaria verticillata*  
(foto: Martina Kadlecová).



Obr. č. 14: Detail ostének u klasu  
(foto: Martina Kadlecová).

### 3.9 Upřednostňované stanoviště *Setaria verticillata*

*Setaria verticillata* se nejvíce vyskytuje v teplejších oblastech na lehčích půdách (Kohout, 1997). Dobře snáší sucho, avšak toleruje jen nízký zástin. Obsazuje lokality jak nezemědělské (rumiště, skládky, příkopy), tak i ornou půdu (Dekker et al., 2003).

### 3.10 Minerální výživa rostlin

Minerální výživa rostlin je vzájemně provázána s fotosyntézou a je nezbytným předpokladem všech vývojových procesů v rostlinách (Procházka et al., 1998). Vedle základních biogenních molekul jako je  $H_2O$  a  $CO_2$  získávaných ze vzduchu, musí mít rostliny k dispozici další prvky, které čerpají z půdního roztoku ve formě iontů (Procházka et al., 1998; Vaněk et al., 2007). Tento příjem probíhá proti koncentračnímu spádu. Předpokládá se, že jeho rychlost je regulována obsahem živin v rostlinách mechanismem zpětné vazby. Rychlost příjmu příslušného iontu se zvyšuje při poklesu jeho obsahu v rostlině a naopak (Procházka et al., 1998). Největší část příjmu a zabudování prvků rostlinami probíhá ve vegetačním období, zvláště v době vzcházení a kvetení. Nedostatečný přísun minerálních živin má vliv na produkci biomasy a ovlivňuje celkový vzhled rostlin (Larcher, 1988).

### 3.11 Charakteristika prvků N, P, K

#### Dusík (chemická značka N)

Dusík je obsažen v litosféře, avšak koloběhu se účastní převážně dusík z atmosféry, který je zde zastoupen ze 78,1 % (Procházka et al., 1998; Richter et Hlušek, 2006). Z této formy je dusík v atmosféře převáděn do anorganických sloučenin díky výbojům při bouřkách. Z  $N_2$  a  $O_2$  vznikají oxidy dusíku, které se srážkami dostávají do půdy (Richter et Hlušek, 2006). Rehder et Schafer (1978) uvádějí, že volný vzdušný dusík mohou vázat jen některé mikroorganismy, nazývané fixátoři dusíku. Jedná se o zástupce čeledi bakterií a čeledi sinic, které se v přírodě vyskytují jako volně žijící nebo jako symbionti s vyššími rostlinami (Procházka et al., 1998).

Největší množství dusíku bezprostředně využitelného pro výživu rostlin je obsaženo v půdě. Jeho celkový obsah se pohybuje v hodnotách od 0,05 % do 0,3 % (tj. na ha od 1 500 do 9 000 kg N). Značná část dusíku je obsažena ve formě organické (Richter et Hlušek, 2006) pro rostliny nedostupné. Tato hmota musí projít procesem mineralizace, jehož výsledkem je kationt amonný  $NH_4^+$  nebo aniont nitrátu dusičnanového  $NO_3^-$  (Vaněk et al., 2007). Pouze 1 – 2 % z celkového dusíku se nachází v půdě v minerální formě (Richter et Hlušek, 2006).

Jeho deficit se projevuje hlavně nižším vzrůstem rostlin a poklesem syntézy chlorofylu, které má za následek světle zelené až žlutavé zbarvení listů (Procházka et al., 1998; Vaněk et al., 2007). Naopak nadbytek dusíku se projevuje sytě zelenou barvou a mohutným vzrůstem rostliny. Dusík se hromadí v okrajích listů, takže vlivem jeho nadbytku může docházet k jejich nekróze a zasychání, posléze až k jejich odumření. (Vaněk et al., 2007).

### **Fosfor (chemická značka P)**

Fosfor je biogenní prvek, který zásadním způsobem ovlivňuje primární produkci zelených rostlin. Přírodním zdrojem fosforečnanů je minerál apatit  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F},\text{Cl},\text{OH})$  (Kočí et al., 2000). Celosvětové zásoby fosforu budou podle odhadů pravděpodobně vyčerpány již v roce 2050 (Cordell et al., 2011). Antropogenním zdrojem fosforečnanů jsou odpadní vody z prádelen a textilního průmyslu, komunální odpadní vody a aplikace fosforečných hnojiv v zemědělství. (Kočí et al., 2000). Fosfor se v závislosti na složení půdy nachází ve formě fosfátu vápenatého, adsorbovaných fosfátů, vázaných fosfátů a organických fosfátů. Fosfor přijímají rostliny ve formě aniontů kyseliny trihydrogenfosforečné ve formě  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  a  $\text{HPO}_4^{2-}$  (Vaněk et al., 2007).

Fosfor se podílí na energetických procesech v buňce a je důležitou součástí nukleotidů rostlin, které jsou součástí nukleových kyselin (Vaněk et al., 2007). Některé druhy rostlin jsou schopny měnit architekturu svých kořenových systémů za cílem optimalizace jeho příjmu (Richardson et al. 2011).

Nedostatek fosforu zpomaluje růst nadzemních částí rostlin a nepříznivě působí na kořeny. Listy jsou malé a starší listy postupně odumírají, což je provázeno černořialovým zbarvením a omezenou tvorbou reproduktivních orgánů (Vaněk et al., 2007). Dostatek fosforu příznivě působí na tvorbu květenství a následný vývoj semen (Balemi et Negisho, 2012).

### **Draslík (chemická značka K)**

Draslík se nachází v křemičitanech (živce, slídy) a zvětráváním se postupně uvolňuje z jílových minerálů skupiny illitu. Množství draslíku se v rostlinách pohybuje v rozmezí 0,5 – 3,2 %. Nejvyšších hodnot dosahuje ve fázi kvetení. V období dozrávání dochází k jeho snížení v důsledku vylučování do živného prostředí (Vaněk et al., 2007).

Draslík je přijímán jako kationt draselný  $K^+$  a jeho příjem je výrazně ovlivňován řadou vnějších podmínek, např. vlhkostí, teplotou či intenzitou slunečního osvětlení (Procházka et al. 1998; Vaněk et al. 2007).

Draslík patří mezi nejvýznamnější osmotika v rostlinách. Charakteristickým rysem je vysoká schopnost průniku buněčnými membránami. Pomáhá při udržení iontové rovnováhy a elektroneutality v buňkách. Napomáhá vytvářet polymery (škrob a bílkoviny) a je důležitým prvkem při nastických pohybech. Svou přítomností v procesu otevírání a zavírání průduchů ovlivňuje intenzitu transpirace, a tak rostliny dobře zásobené draslíkem lépe využívají vodu na produkci sušiny. Důležitou roli hraje i během fotosyntézy (Procházka et al., 1998). Draslík je v rostlinách velmi pohyblivý a snadno se přemísťuje. Vysoký obsah je typický zejména pro mladé rostliny (mladé listy, vegetační vrcholy a z pletiv meristémy), stárnutím pletiv se jeho obsah snižuje (Richter et Hlušek, 1994).

Vaněk et al. (2007) uvádí, že projevem nedostatku draslíku je zasychání okrajů listů, kdy postupně dochází k nekróze, která vede až k jejich opadu. Může se objevit žloutnutí s nádechem dočervena. Zvýšený obsah draslíku v listu na druhé straně snižuje respiraci  $CO_2$ . Právě vysoká respirace listů je typickým projevem draslíkové deficiencie (Procházka et al., 1998). Při nadbytku draslíku omezí rostlina příjem Na, Mg a Ca, což může vést až k zasolení půdy (Vaněk et al., 2007).

## 4. Metodika

### 4.1 Charakteristika nádobového experimentu

V roce 2014 byl v České republice založen venkovní nádobový experiment. Probíhal v průběhu měsíce května až srpna na soukromé zahradě v Havlíčkově Brodě (GPS souřadnice: 49.6078 N; 15.5807 E).

Město Havlíčkův Brod se nachází ve výšce 422 m n. m. Jeho okolí je členěno dle biografického členění České republiky do bioregionu Havlíčkobrodského, který se nachází v jižní části východních Čech a zabírá celek Hornosázavská pahorkatina, kromě jeho jihozápadních a severních okrajů (Skalický, 1988). Průměrná roční teplota se zde pohybuje mezi 5-6 °C (ČHMÚ, 2015).

Na nádobový experiment bylo použito 32 květníků a do každého zaseto 10 semen *S. verticillata*. Poté se umístily na slunné místo a v prvních dvou měsících zakryly fóliovníkem (obr č. 15). Po zbytek pokusu zůstaly květníky bez ochrany.

Průměrná denní teplota se v době experimentu pohybovala okolo 16 °C (vlastní měření).



Obr č. 15: Uložení nádobového experimentu pod fóliovníkem (foto: Martina Kadlecová).

## 4.2 Vlastnosti a označení použitých nádob

Na nádobový experiment byly použity hnědé plastové květináky s průměrem 14,5 cm a objemem 1,2 l. Každý byl polepen cedulkou nesoucí označení příslušného hnojení či kontrolního pokusu. Dále se do jejich zeminy umístila plastová cedulka nesoucí totéž značení. Posledním způsobem rozlišení variant hnojení či kontrolního pokusu byly různě barevné plastové misky umístěné pod květináči (obr. č. 16).



Obr. č. 16: Způsob rozlišení variant minerální výživy (foto: Martina Kadlecová).

## 4.3 Zasetá semena

Zasetá semena rostlin *S. verticillata* pocházela z experimentální lokality Výzkumného ústavu ve Slaném a byla sesbírána na podzim v roce 2013. Tato lokalita se nachází v nadmořské výšce 234 m n. m. a průměrná roční teplota se zde pohybuje v rozmezí 8 - 9 °C (ČHMÚ, 2015<sup>a</sup>).

## 4.4 Zemina

Zemina použitá k naplnění květináčů byla podrobena chemickému rozboru ve Výzkumném ústavu Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v.v.i. se sídlem v Praze v Průhonicích. Rozbor vedl Ing. Martin Dubský.

Obsah živin byl stanoven podle ČSN EN 13651 ve vyluhovacím činidle CAT (0,01 mol/l chlorid vápenatý, 0,002 mol/l DTPA) ve vyluhovacím poměru 1v:5v. Dusík v nitrátové a amonné formě a fosfor byly stanoveny spektrofotometricky, draslík plamennou fotometrií.

Zjištěné hodnoty:

Kationtu amonný ( $\text{NH}_4^+$ ) - 104 mg/l.

Aniont nitrátu dusičnanového ( $\text{NO}_3^-$ ) – 72 mg/l.

Fosfor - 30 mg/l. Draslík – 880 mg/l.

## 4.5 Voda

Voda použitá k zalévání nádobového experimentu pocházela z vodovodního kohoutku a nechávala se minimálně 24 hodin odstát. Semena a následné rostoucí rostliny se zalévaly dle potřeby. V nezakryté části nádobového experimentu (červenec až srpen) byly rostliny vystaveny i dešti.

## 4.6 Hnojivo

Bylo zakoupeno běžně dostupné hnojivo. Ledek amonný ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , 27% N), superfosfát ( $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + \text{CaSO}_4$ , 8.5% P, 20% Ca, 10% S ) a draselná sůl ( 50% K, 47% Cl).

## 4.7 Dávkování prvků

Dusík a draslík byl aplikován v dávkách 200 kg/ha. Množství použitého fosforu bylo 60 kg/ha.

## 4.8 Způsob a frekvence hnojení

Hnojení probíhalo po celou dobu trvání pokusu, vždy jednou týdně. Hnojivo bylo aplikováno rovnoměrným nasypáním na vlhkou zeminu. Kombinací prvků N, P, K se vytvořilo sedm variant hnojení. N, P, K, NP, NK, PK, NPK. Osmá varianta nebyla hnojena a nesla označení C. Každá varianta hnojení či kontrolního pokusu byla opakována čtyřikrát.

## 4.9 Sběr dat

Sběr dat probíhal pravidelně po celou dobu pokusu.

Zaznamenávané údaje:

1. Výška rostlin.
2. Počet stébel.
3. Počet listů.

4. Počet klasů.
5. Vzhled a vitalita rostlin.
6. Průměrná denní teplota.

#### **4.10 Metodika sklizně**

Ke sklizení rostlin došlo dne 29. 8. 2014.

Na sklizeň rostlin byly použity zahradnické nůžky. Jednotlivé rostliny byly těsně nad zemí ostříhány. Poté se ostříhaly jednotlivé klasy. Klasy i zbytek rostlin byl uložen do igelitových sáčků obsahujících jemné otvory, jimiž byla zajištěna cirkulace vzduchu během sušení. Klasy se ukládaly samostatně.

Varianta hnojení či kontrolního pokusu byla na jednotlivých sáčcích označena pomocí lihové fixy. Sáčky s rostlinami a s klasy byly usušeny při pokojové teplotě a poté zváženy na analytických vahách v laboratoři ČZU Praha.

Během sklizně docházelo k vypadávání semen z klasů. Takto oddělená semena byla sesbírána, uložena do igelitových sáčků, označena a rovněž zvážena. Každá rostlina měla pod sebou během sklizení čistou bílou podložku, aby nedošlo k pomíchání vypadlých semen.

#### **4.11 Sběr dat po sklizni**

Sklizní byla nasbírána tato data:

1. Váha usušené biomasy jednotlivých variant hnojení či kontrolních pokusů.
2. Váha usušených klasů jednotlivých variant či kontrolních pokusů.
3. Váha 100 semen jednotlivých variant hnojení či kontrolních pokusů.



## 5. Přehled výsledků

Naměřená data byla zpracována v matematickém software R specializovaném na statistické výpočty.

Získané hodnoty počtu vytvořených klasů, listů, stébel a váha suché biomasy byly testovány pomocí testu Kruskal – Wallis. Konečná výška rostlin a hmotnost sta semen byly zpracovány pomocí Analýzy variance (jednocestná ANOVA). Váha sta semen byla dále zhodnocena testem mnohonásobného srovnání (TUKEY HSD). Všechny statistické testy byly provedeny na hladině významnosti 0,05.

Grafy byly vytvořeny v programu Microsoft Excel 2010.

### 5.1 Klíčivost

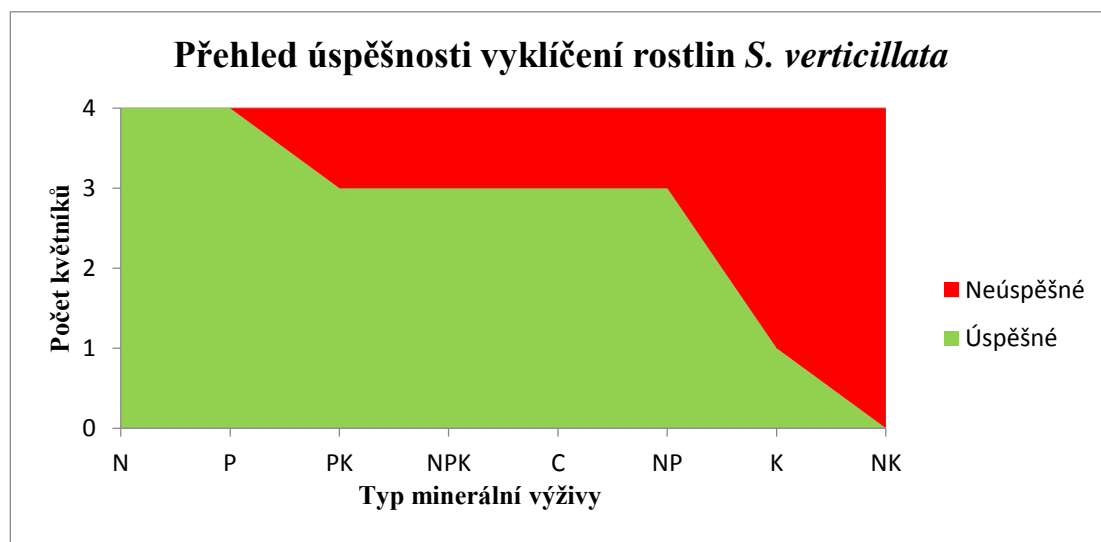
Semena *Setaria verticillata* byla zasetá 15. 5. 2014. První rostliny se začaly objevovat od 27. 5.2014. Tedy 12 dní po zasazení. Z 320 semen vyklíčilo celkem 51 (obr. č 17).

Průměrná odpolední teplota se v období od 19. 5. 2014 do 25. 5. 2014 pohybovala okolo 31 °C ve stínu. Květníky byly pravidelně zalévány, avšak proschnutí zeminy se nedalo vždy zabránit.

| Varianta | Vyklíčeno | Varianta | Vyklíčeno | Varianta | Vyklíčeno | Varianta | Vyklíčeno |
|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|
| N        | 1         | P        | 1         | NK       | 0         | K        | 0         |
| P        | 1         | NK       | 0         | K        | 2         | PK       | 3         |
| NK       | 0         | K        | 0         | PK       | 0         | NP       | 0         |
| K        | 0         | PK       | 4         | NP       | 6         | NPK      | 0         |
| PK       | 1         | NP       | 3         | NPK      | 4         | C        | 1         |
| NP       | 1         | NPK      | 3         | C        | 2         | N        | 5         |
| NPK      | 3         | C        | 0         | N        | 1         | P        | 1         |
| C        | 4         | N        | 3         | P        | 1         | NK       | 0         |

Obr. č. 17: Přehled vyklíčených rostlin v jednotlivých variantách hnojení.

Vzhledem k nízkému počtu rostlin byla pro analýzu dat zvolena minimální hranice 3 vyklíčených květníků v každé variantě (obr. č. 18). Proto hnojení K a NK muselo být z analýzy odstraněno.



Obr. č. 18: Graf prezentující množství květináčů obsahující úspěšně či neúspěšně vyklíčené rostliny *Setaria verticillata*.

## 5.2 Stébla

V počáteční fázi růstu nebyly na stéblech zaznamenané patrné rozdíly mezi variantami hnojení či kontrolními pokusy. Všechny rostliny vypadaly stejně. Shodná byla rovněž i jejich vitalita. Nepoměry byly nalezeny pouze mezi délkami lodyh (obr. č. 19).



Obr. č. 19: Rozdílná výška klíčících rostlin dle stáří (foto: Martina Kadlecová).

Různá dostupnost živin se během dalšího vývoje rostlin projevila na odlišném zbarvení stébel. Změny byly pozorovány přibližně po dosažení 15cm výšky. Spodní část se zbarvila do červena (obr. č. 21), či zůstala dále zelená (obr. č. 22 a 23). Postupně zčervenalo skoro celé stéblo a přidalo se i načervenalé zbarvení některých listů. Červená barva se projevila pouze ve variantách neobsahujících dusík, tedy P, PK, C.



Obr. č. 20: Počáteční zelené zbarvení stébel.



Obr. č. 21: Barevná změna vlivem nedostupnosti dusíku.



Obr. č. 22 a 23: Varianty hnojení obsahující dusík (foto: Martina Kadlecová)



Vliv rozdílné minerální výživy se odrazil i v síle stébel a v jejich počtu. Stébla variant hnojení bez obsahu dusíku a kontrolního pokusu byla slabší. Tento rozměr však nebyl v tomto nádobovém experimentu měřen. Jedná se pouze o vizuální zhodnocení. Pozornost byla věnována jejich počtu. Nejvíce stébel (23) se vytvořilo

ve variantě typu N. Nejnižším výsledkem bylo pouze jedno vytvořené stéblo (obsahovala ho kontrolní varianta a hnojení typu PK).

Naměřená data byla podrobena statistické analýze. Cílem bylo zjistit, zda se počet vytvořených klasů odvíjí od rozdílné minerální výživy či na jejich tvorbu nemá vliv. Dosažená hladina testu byla 0,006739. Data tedy prokázala statisticky významný rozdíl v tvorbě klasů v závislosti na dostupnosti prvků N, P, K.

Zhodnocení:

Nasbíraná data nádobového experimentu ukazují, že dostupnost dusíku pozitivně ovlivňuje tvorbu stébel. Naopak přítomnost fosforu a draslíku jejich produkci výrazně nezvyšuje. Nedostatečný přísun dusíku lze zhodnotit i pohledově, na základě načervenalého zbarvení stébel a listů.

### 5.3 Listy

Listy *Setaria verticilla* byly během experimentu pravidelně počítány a vizuálně hodnoceny.

Všechny varianty hnojení a kontrolních pokusů listy vytvořily. Nejvyšší přírůst byl zaznamenán během období 13. 7. 2014 – 27. 7. 2014. Ke konci srpna začaly listy rostlin postupně zasychat a tvorba nových byla u variant neobsahujících dusík a kontrolního pokusu postupně zastavena.

Počty vytvořených listů byly podrobeny statistické analýze. Testovala se hypotéza, zda existuje statisticky významný rozdíl v jejich počtu na základě rozdílného přísunu živin N, P, K. Dosažená hladina testu byla 0,01528, což potvrzuje ovlivnění tvorby listů v závislosti na přísunu živin.

Zhodnocení:

Dostupnost dusíku se pozitivně projevila ve vyšším počtu vytvořených listů. Minerální výživa typu NPK zachovala jejich produkci po nejdélejší dobu. Listy rostlin hnojených dusíkem byly sytě zelené. Naopak u ostatních variant byla pozorována světlejší barva, některé listy byly červeně zbarveny. Rovněž docházelo k jejich zasychání.

## 5.4 Klasy

Klasy se vytvořily ve všech variantách. První tvorba byla zaznamenána 30. 6. 2014. Tedy 46 dní po zasazení rostlin.

Nejvyšší dosažený počet klasů na jedné rostlině byl 55, obsahovala ho varianta NP. Nejnižší počet byl pouze jeden vytvořený klas. Objevil se ve variantách PK a C. Průměrný počet klasů na jedné rostlině u rostlin nehnojených dusíkem nepřesáhl počet 10. Naopak kombinace hnojení, obsahujících dusík vytvořily klasů mnoho.

Nasbíraná data byla podrobena statistické analýze za cílem zodpovězení otázky, zda je hmotnost klasů ovlivněna rozdílným přísunem živin N, P, K.

Dosažená hladina byla 0,01443, což ukazuje na statisticky významný rozdíl mezi variantou hnojení a váhou usušených klasů.

Zhodnocení:

Dostupnost živin má vliv na tvorbu a hmotnost klasů. Varianty hnojení bez obsahu dusíku a kontrolního pokusu přestaly nové klasy tvořit zhruba v polovině července. Rostliny ovlivněné dostupností dusíku tvořily nové klasy skoro až do konce nádobového pokusu.

## 5.5 Semena

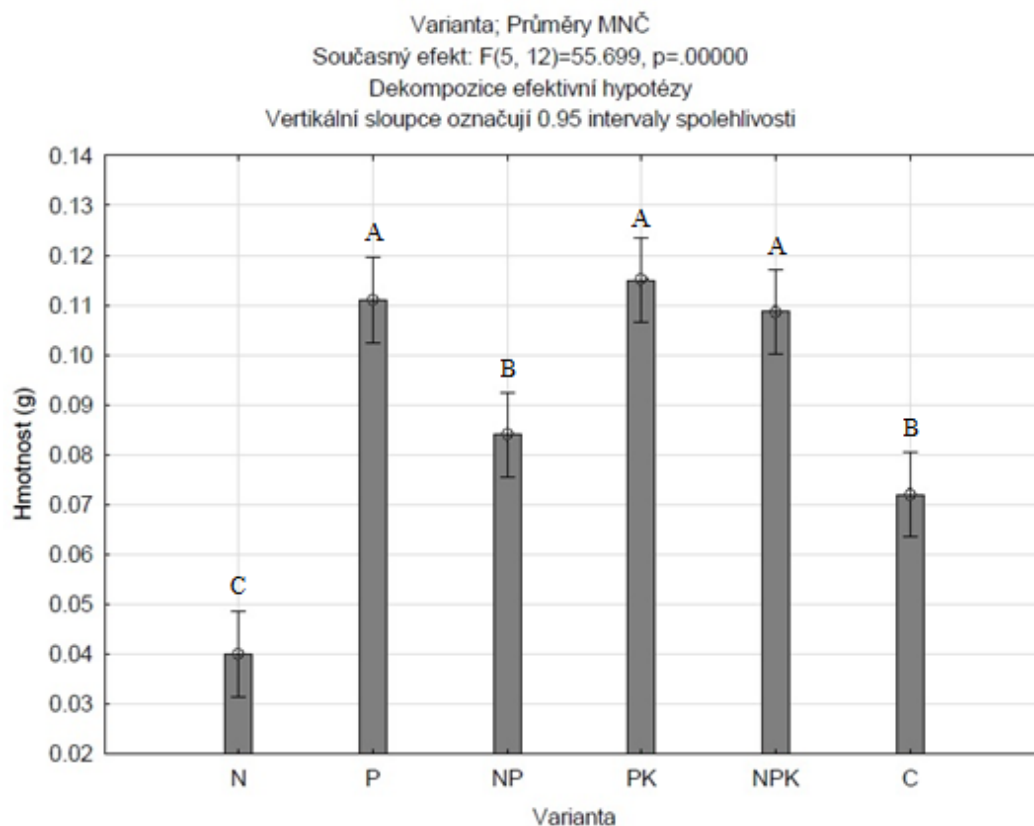
Z každé varianty hnojení či kontrolního pokusu bylo sesbíráno a zváženo 100 semen. Nejvyšší dosaženou hodnotou bylo 0,117 g. Obsahovala ho varianta PK. Nejnižší naměřená hmotnost (0,027 g) se objevila v minerální výživě typu N.

Dále byla data podrobena statistické analýze. Testovala se hypotéza, zda je hmotnost sta semen odlišná v závislosti na rozdílnému přísunu živin N, P, K. Pokud ano, tak mezi kterými kombinacemi se tento rozdíl nachází.

Výsledky ukázaly, že je hmotnost sta semen ovlivněna rozdílnou minerální výživou (obr. č. 24).

Post hoc Tukey test prokázal statisticky významný rozdíl v hmotnostech mezi kombinacemi hnojení: **N-C, NPK-C, P-C, PK-C, NP-N, NPK-N, P-N, PK-N, NPK-NP, P-NP, PK-NP;**

naopak u variant **NP-C**, **P-NPK**, **PK-NPK**, **PK-P** nebyl statistický rozdíl v hmotnostech sta semen prokázán.



Obr. č. 24: Přehled průměrné hmotnosti 100 semen v závislosti na variantě hnojení.

Zhodnocení:

Statistické analýzy potvrdily vliv rozdílného přísunu živin na hmotnost sta semen. Nejvyšších hmotností dosahují semena rostlin s dostatečným přísunem fosforu.

## 5.6 Výška rostlin

Výška rostlin byla pravidelně měřena a zaznamenávána. Nejvyšší výškový přírůstek byl pozorován ke konci července, během měsíce srpna se výška rostlin takřka nezměnila. Nejvyšší dosažená hodnota byla 110 cm (N, PK). Nejnižší vzrůst rostlin byl 30cm a obsahovala ho varianta N.

Získaná data byla podrobena statistickému testování.

Kladená hypotéza zněla:

Existuje statisticky významný rozdíl mezi výškou rostlin v den sklizně a typem minerální výživy? Testování probíhalo na hladině významnosti testu alfa = 0,05, dosažená hladina významnosti byla 0,992. Rozdílná minerální výživa tedy neovlivňuje průměrnou výšku rostlin v den sklizně.

Zhodnocení:

Statistická analýza neprokázala ovlivnění výšky rostlin různou dostupností prvků N, P, K.

## **5.7 Váha suché biomasy**

Naměřená data byla přepočítána na průměrnou hmotnost suché biomasy jedné rostliny. Nejvyšší hodnota (23,14 g) byla naměřena ve variantě NP, naopak nejnižší průměrná hmotnost (0,30 g) rostliny se objevila ve variantě C.

Váha suché biomasy byla dále podrobena statistické analýze s cílem zjistit, zda je její hmotnost ovlivněna dostupností prvků N, P, K. Testování probíhalo na hladině významnosti alfa = 0,05. Dosažená hladina byla 0,01384. Dosažené hodnoty ukazují na statisticky významný vliv minerální výživy na hmotnost suché biomasy.

Zhodnocení:

*Setaria verticillata* velmi pozitivně reagovala na přísun dusíku. Takto živěné rostliny vykazovaly nejvyšší tvorbu stébel, listů a klasů.

## 6. Diskuse

Na základě praktického pokusu jsem sledovala vliv rozdílných hladin dusíku, fosforu a draslíku na *S. verticillata*. Hodnocenými znaky byly počty vytvořených stébel, listů a klasů, výška rostlin, hmotnost suché biomasy a sta semen. Dále byla posuzována vitalita a vzhled rostlin, z čehož pouze u výšky rostlin jsem nepozorovala žádné změny ve vztahu k přítomnosti dodávaných živin.

Nicméně vzorek, který byl zkoumán, byl příliš malý, jelikož vyklíčilo z 320 zasetych semen pouze 51. Nízká klíčivost by mohla být zapříčiněna dormancí semen či odrazem velmi vysokých teplot, které po vysetí semen následovaly. Moje bakalářská práce se tedy blíží spíše pilotnímu pokusu a bylo by třeba ji zopakovat na větším vzorku s více sledovanými znaky, které diskutuji dále, abych mohla spolehlivě odvozovat širší závěry.

Analyzovaná data potvrdila rozdílné reakce rostlin *S. verticillata* na odlišnou minerální výživu. Na základě nádobového pokusu byl prokázán pozitivní vliv dusíku na celý vegetační cyklus, kdy produkce biomasy vzrostla významně s přísunem tohoto prvku. Údaje o chování tohoto druhu v závislosti na jeho dostupnosti nebyly nalezeny v žádné práci zabývající se touto rostlinou. Proto není možné tento vliv porovnat. Dle jiných studií se zdá, že tento jev je společný i pro další zástupce rodu *Setaria*. Například Kindomihou et al. (2014) uvádějí až 200% nárůst biomasy u druhu *S. sphacelata* oproti nehnojené kontrole. Vyšší obsah biomasy v závislosti na přísunu dusíku byl potvrzen rovněž u *S. viridis* (Wang, 2012). Wang (2012) zároveň upozorňuje, že při nedostatečné závlaze investuje tato rostlina více energie do tvorby kořenů, než do růstu nadzemních částí. Role dostatečné závlahy nebyla v mé bakalářské práci sledována. Všem rostlinám byla poskytována voda ve stejné míře. Proto by bylo zajímavé pokus opakovat a posoudit rovněž tento vliv.

Experiment ověřil schopnost změnit zbarvení rostlin v závislosti na obsahu dusíku v půdě. Jeho nedostatečné množství indikuje červená barva stébel a listů. Opět nebyla nalezena studie, která by tento projev u *S. verticillata* popisovala. Jako běžný projev deficitu dusíku u rostlin uvádí Vaněk et al. (2007) jejich celkové světlejší až žlutavé zbarvení. Tuto změnu rovněž popisuje Pyšek et al. (1998).



Citlivost na obsah dusíku se neprojevila ve výšce rostlin. Mladé rostliny byly z počátku rozdílně vysoké, tato hodnota byla však ovlivněna odlišným časem vyklíčení semen. Postupně se výšky vyrovnaly a pohledově nebyl zaznamenán rozdíl mezi variantami hnojení, což potvrdila i následná statistická analýza. Neprůkazný rozdíl ve výšce rostlin v závislosti na přísunu dusíku byl rovněž zaznamenán u druhu *S. faberi* (Berger et al., 2007).

Hmotnost vytvořených semen byla pozitivně ovlivněna dostupností draslíku a fosforu. Přítomnost dusíku však napomohla u *S. verticillata* vytvořit vyšší počty klasů (tím i více semen) než u variant bez jeho obsahu. I tento poznatek, není možné srovnat jinými autory.

Colautti et al. (2006) se domnívají, že přísun diaspor významně spoluurčuje, zda bude invaze úspěšná či nikoli. I společenstvo relativně odolné vůči nepůvodnímu druhu může být poměrně silně invadováno za předpokladu, že se do něj z nějakého důvodu dostává velké množství diaspor nepůvodních druhů. Pokud pomineme zavlečení semen *S. verticillata* pomocí člověka a zaměříme se pouze na mateřské rostliny, tak provedený experiment poukazuje na možnou vyšší intenzitu přísunu semen do společenstev stanovišť bohatých na dusík a vláhu, a to díky její prokázané schopnosti vytvořit na těchto lokalitách vysoké množství biomasy včetně semen. Navíc klasy se během dozrávání postupně vzájemně proplétají. Během sklizně musela být pozornost věnována hlavně jim. Jakákoliv manipulace bez ochranných rukavic skončila nepříjemným poškrábáním. Dále docházelo k uchycení semen na oblečení, což potvrzuje schopnost rostliny se šířit na značné vzdálenosti. Špatně prostupné porosty (díky proplétajícím se ostrým klasům) jsou navíc chráněny i před sešlapem.

K samotnému nádobovému experimentu musím říci, že ačkoliv se *S. verticillata* řadí mezi teplomilné plevelné druhy, nemělo to vliv na průběh experimentu. V České republice se totiž v současnosti vyskytuje hlavně v nejteplejších oblastech (Morava a střední Čechy) (AOPK ČR, 2015<sup>f</sup>), kdežto nádobový experiment probíhal na Českomoravské vrchovině, kde panují chladnější podmínky. Průměrné letní teploty jsou zde zhruba o 3 °C nižší (ČHMÚ, 2015<sup>b</sup>) než ve zmiňovaných lokalitách výskytu. Přesto klasy všech rostlin bez problémů dozrávaly, včetně rostlin nehnojených kontrol (další možný námět na budoucí experimentální testování).

Překvapením bylo i vyklíčení semen napadaných pod odstraněnou mateřskou rostlinu, ke kterému došlo v průběhu září 2014. Rostliny sice nepřečkaly první mrazy, ale otázkou zůstává, zda by mohla semena v budoucnosti stihnout tento vegetační cyklus dokončit díky evolučním změnám rostliny či očekávaným vývojem klimatu.

## 7. Závěr

Oblast invazivní ekologie se potýká s nedostatkem informací o stavu invadovaných druhů před samotnou invazí, avšak v dlouhodobém výhledu by mohlo nastat určité zlepšení. Tato problematika je jedním z témat Strategie ochrany biologické rozmanitosti České republiky. Dochází zde k hodnocení současného stavu biologických invazí, vymezení hlavních problémových okruhů včetně vytýčení cílů jejich řešení. Důležitým krokem je i spolupráce se širokou veřejností. Například Agentura ochrany přírody a krajiny provozuje na svých webových stránkách tzv. systém včasného varování. Pomocí něho se každý může zapojit do mapování vybraných invazních druhů a napomoci tak k ochraně před jejich šířením.

Nepůvodní druhy je nutné včas zkoumat a monitorovat a v případě potřeby proti nim zasahovat. Tato práce měla napomoci zhodnotit základní ekologii jednoho z nich, což dle mého názoru i přes nízký počet vyklíčených rostlin splnila.

Díky nádobovému pokusu se podařilo odpovědět na otázky týkající se vlivu rozdílné minerální výživy na růstové charakteristiky a produkci biomasy a semen *S. verticillata*. Tento plevel by se mohl v budoucnosti stát nepříjemným invazivním druhem, který bude nutné omezovat a likvidovat. Jeho šíření může mít negativní dopad na přirozená společenstva. Dále by mohlo dojít k zaplevelování polních kultur a vytvoření rezistentních populací na herbicidy. Jsme teprve na začátku tohoto poznání. Zajímavé by jistě bylo sledovat reakce na rozdílné klimatické podmínky během vegetačního období, odezvu na herbicid, vláhu či porovnání konkurenčních schopností.

Ráda bych v řešení těchto otázek pokračovala ve své diplomové práci.

## 8. Přehled literatury a použitých zdrojů

AGENTURA OCHRANY PŘÍRODY A KRAJINY ČR (AOPK ČR), 2015<sup>a</sup>: Výskyt druhu *Setaria pumila*. [http://portal.nature.cz/publik\\_syst/nd\\_nalez-public.php?idTaxon=39735](http://portal.nature.cz/publik_syst/nd_nalez-public.php?idTaxon=39735), cit. 12. 2. 2015.

AGENTURA OCHRANY PŘÍRODY A KRAJINY ČR (AOPK ČR), 2015<sup>b</sup>: Výskyt druhu *Setaria faberi*. [http://portal.nature.cz/publik\\_syst/nd\\_nalez-public.php?idTaxon=39733](http://portal.nature.cz/publik_syst/nd_nalez-public.php?idTaxon=39733), cit. 12. 2. 2015.

AGENTURA OCHRANY PŘÍRODY A KRAJINY ČR (AOPK ČR), 2015<sup>c</sup>: Výskyt druhu *Setaria viridis*. [http://portal.nature.cz/publik\\_syst/nd\\_nalez-public.php?idTaxon=39738](http://portal.nature.cz/publik_syst/nd_nalez-public.php?idTaxon=39738), cit. 12. 2. 2015.

AGENTURA OCHRANY PŘÍRODY A KRAJINY ČR (AOPK ČR), 2015<sup>d</sup>: Výskyt druhu *Setaria gussonei*. [http://portal.nature.cz/publik\\_syst/nd\\_nalez-public.php?idTaxon=39729](http://portal.nature.cz/publik_syst/nd_nalez-public.php?idTaxon=39729), cit. 13. 2. 2015.

AGENTURA OCHRANY PŘÍRODY A KRAJINY ČR (AOPK ČR), 2015<sup>e</sup>: Výskyt druhu *Setaria italica*. [http://portal.nature.cz/publik\\_syst/nd\\_nalez-public.php?idTaxon=39731](http://portal.nature.cz/publik_syst/nd_nalez-public.php?idTaxon=39731), cit. 13. 2. 2015.

AGENTURA OCHRANY PŘÍRODY A KRAJINY ČR (AOPK ČR), 2015<sup>f</sup>: Výskyt druhu *Setaria verticillata*. [http://portal.nature.cz/publik\\_syst/nd\\_nalez-public.php?idTaxon=39735](http://portal.nature.cz/publik_syst/nd_nalez-public.php?idTaxon=39735), cit. 14. 2. 2015.

Al - KATHIRI C. R., 1994. Weeds: a factor limiting crop production in Yemen. *Indian Journal of Plant Protection*, 22(1):5-8.

BALEMI T. et NEGISHO K., 2012: Management of soil phosphorus and plant adaptation mechanisms to phosphorus stress for sustainable crop production: a review. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 12: 547-561

BARRETT S. C. H. et RICHARDSON B. J., 1986: Genetic attributes of invading species. In R. H. Groves and J. J. Burdon [eds]: *Ecology of biological invasions*. Australian Academy of Science, Canberra: 21- 33.

BARRETT S. C. H., et SHORE J. S., 1989: Isozymevariation in colonizing plants. In: SOLTIS D. E. et SOLTIS P. S. [eds]: *Isozymes in plant biology*. Dioscorides, Portland, OR: 106-126.

BERGER A., MCDONALD A. J. et RIHA S. J., 2007: Does soil nitrogen affect early competitive traits of annual weeds in comparison with maize? *Weed research*, 47.6: 509-516.

CLEMENTS D. R., DITOMMASO A, JORDAN N., BOOTH B D., CARDINA J., DOOHANE D., MOHLER Ch. L., MURPHY S. D. & SWANTON C. J., 2004:

Adaptability of plants invading North American Cropland. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 104: 379–398.

CLEMENTS D. R. et DITOMMASO A., 2011: Climate change and weed adaptation: can evolution of invasive plants lead to greater range expansion than forecasted? *Weed Research* 51: 227 - 240.

COLAUTTI R. I., GRIGOROVICH I. A., et MACISAAC H. J., 2006: Propagule pressure: a null model for biological invasions. *Biol. Invas.* 8: 1023-1037.

CORDELL D., ROSEMARIN A., SCHRÖDER, J. J. et SMIT A. L., 2011: Towards global phosphorus security: A systems framework for phosphorus recovery and reuse options. *Chemosphere* 84: 747-758.

ČESKÝ HYDROMETEROLOGICKÝ ÚSTAV, 2014: Klimatická změna a její projevy v ČR (současnost a budoucnost)  
<http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/ruzne/vystava/METEO/10.pdf>, cit. 24. 2. 2015.

ČESKÝ HYDROMETEROLOGICKÝ ÚSTAV, 2015<sup>a</sup>: Mapy charakteristik klimatu.  
[http://portal.chmi.cz/portal/dt?portal\\_lang=cs&nc=1&menu=JSPTabContainer/P4\\_Historicka\\_data/P4\\_1\\_Pocasi/P4\\_1\\_3\\_Mapy\\_char\\_klim&last=false](http://portal.chmi.cz/portal/dt?portal_lang=cs&nc=1&menu=JSPTabContainer/P4_Historicka_data/P4_1_Pocasi/P4_1_3_Mapy_char_klim&last=false), cit. 28. 2. 2015.

ČESKÝ HYDROMETEROLOGICKÝ ÚSTAV, 2015<sup>b</sup>: Historická data - meteorologie a klimatologie.  
[http://portal.chmi.cz/portal/dt?portal\\_lang=cs&nc=1&menu=JSPTabContainer/P4\\_Historicka\\_data/P4\\_1\\_Pocasi&last=false](http://portal.chmi.cz/portal/dt?portal_lang=cs&nc=1&menu=JSPTabContainer/P4_Historicka_data/P4_1_Pocasi&last=false), cit. 16. 3. 2015.

DEKKER J., 2003: Evolutionary biology of the foxtail (*Setaria*) species. *Weed Biology and Management*: 65 - 114.

DI CASTRI F.; HANSEN A. J. et DEBUSSCHE M. [ed.], 1990: Biological invasions in Europe and the Mediterranean Basin. Springer Science & Business Media, 1990: 179 - 200.

DOSTÁL J. (1989): Nová květena ČSSR 1, 2. Academia, Praha, 1552 s.

EMERY W. H., 1957: A study of reproduction in *Setaria macrostachya* and its relatives in the Southwestern United States and Northern Mexico. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*: 106-121.

GRAU J., KREMER B. P., MÖSELER B. M., RAMBOLD G. et TRIEBEL D., 1998: Trávy. Ikar, Bratislava, 288 s.

- GROVES R. H. 1986: Invasion of Mediterranean ecosystems by weeds. In: DELL B., HOPKINS S. J. M. et LAMONT B. B. [eds]: Resilience in Mediterranean - type Ecosystems. Junk, Dordrecht, Netherlands: 129 – 145.
- GÖZCÜ D. et ULUDAG A., 2005: Weeds and their importance in cotton fields in Kahramanmaraş province of Turkey. (Kahramanmaraş ili pamuk tarlalarında görülen yabancı ot Türleri ve önemi.) Türkiye Herboloji Dergisi, 8(1):7-15.
- HADINCOVÁ V., DOBRÝ J., HANZÉLYOVÁ D., HÄRTEL H., HERBEN T., KRAHULEC F., KYNCL J., MORAVCOVÁ L., ŠMILAUER P. et ŠMILAUEROVÁ M. 1997: Invazivní druh *Pinus strobus* v Labských pískovcích. Zprávy České botanické společnosti 32, Materiály 14: 63 - 79.
- HAROUN S. A., 1997: Cytogenetic Investigation of *Setaria verticillata* L. and *Eragrostis aegyptiaca* Willd. from Egypt. Cytologia, 62(4), 405-410.
- HANNAH L., MIDGLEY G., ANDELMAN S., ARAÚJO M., HUGHES G., MARTINEZ-MEYER, E., PEARSON R. et WILLIAMS P., 2007 Protected area needs in a changing climate. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5(3), 131-138.
- HOLM L. G., PLUCKNETT D. L., PANCHO J. V. et HERBERGER J. P., 1977: The World's Worst Weeds. Distribution and Biology. Honolulu, Hawaii, USA: University Press of Hawaii, 610 s.
- HOLM L., PANCHO J. V., HERBERGER J. P. et PLUCKNETT D. L., 1979: A geographical atlas of world weeds. John Wiley & Sons, New York, 1129 s.
- IPCC, 2007: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (SOLOMON S., QUIN D., MANNING M., CHEN Z., MARQUIS M., AVERYT K. B., TIGNIR M. et MILLER H. L. [eds]). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 s.
- IPCC, 2014: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Summaries, Frequently Asked Questions, and Cross-Chapter Boxes. A Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (FIELD C. B., BARROS V. R. , DOKKEN D. J., MACH K.J., MASTRANDREA M.D., BILIR T.E., CHATTERJEE M., EBI K.L., ESTRADA Y.O., GENOVA R.C., GIRMA B., KISSEL E.S., LEVY A.N., MAC CRACKEN S., MASTRANDREA P.R. et WHITE L. L. White [eds]). World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 190 s.
- JEHLÍK V., 1998: Cizí expanzivní plevele České a Slovenské republiky. Academia, Praha, 506 s.
- KINDOMIHOU M. V., SAIDOU A, S. et INSIN B. A., 2014: Response to Fertilizer of Native Grasses (*Pennisetum polystachion* and *Setaria Sphacelata*) and Legume

(*Tephrosia pedicellata*) of Savannah in Sudanian Benin, *Agriculture, Forestry and Fisheries*. Vol. 3, No. 3, pp. 142-146.

KOHOUT V., 1997: *Plevelé polí a zahrad*. Agrospoj, Praha, 235 s.

KOČÍ V., BURKHARD J. et MARŠÁLEK B., 2000: Eutrofizace na přelomu tisíciletí. *Eutrofizace 2000*, Praha: 3-13.

KVALVOVÁ J., HOLTANOVÁ E., MIKŠOVSKÝ J., MOTL M., PIŠOFT P., RAIDL A., FAARDA A., KLIEGROVÁ S. et METELKA L., 2009: Výběr globálních klimatických modelů pro posouzení neurčitostí odhadů budoucích změn klimatu v oblasti ČR. *Meteorologické zprávy* 62: 97–106.

KUBÁT K., HROUDA L., CHRTEK J. jun., KAPLAN Z., KIRSCHNER J. et ŠTĚPÁNEK J. [eds] (2002): *Klíč ke květeně České republiky*. – Academia, Praha, p. 928

LARCHER W., 1988: *Fyziologická ekologie rostlin*. Academia, Praha, 368 s.

LINDER H. P. et RUDALL P. J., 2005: Evolutionary history of Poales. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 36: 107-124.

LOMOLINO M. V., RIDDLE B. R. et BROWN J. H., 2005: *Biogeography*, 3rd edition. Sinauer Assoc. Inc. Sunderland, Mass., 752 pp. – MARTIN T. E. (2007): Climate correlates of 20 years of trophic changes in a high-elevation riparian system. *Ecology* 88: 367-380.

LONSDALE W. M. (1999): Global patterns of plant invasions and the concept of invasibility. *Ecology* 80: 1522–1536.

MACK R. N., SIMBERLOFF D., LONSDALE W. M., EVANS H., CLOUT M. et BAZZAZ F. A., 2000: Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences, and kontrol. *Ecol. Appl.* 10: 689-710.

MARKOVÁ Z. et HEJDA M., 2011: Invaze nepůvodních druhů rostlin jako environmentální problém. *Živa* 1: 10-14.

MATEJÍČEK T., 2008: Výskyt invazivních druhů rostlin v břehové vegetaci vybraných vodních toků. *Zprávy české botanické společnosti* 43, *Materiály* 23: 169-182

MÁLKOVÁ M. et WAGNEROVÁ Z., 1997: Šíření invazivních druhů na hřebeny Krkonoš. *Zprávy České botanické společnosti* 32, *Materiály* 14: 117-124.

MIKO L. et ZAUNBERGEROVÁ K., 2009: Biodiverzita a změna podnebí v Evropské unii. *Ochrana přírody*. Zvláštní číslo: 20 – 24.

- MIKULKA J., 2011: Expanze teplomilných plevelných druhů na zemědělské půdě. *Úroda* 59: 268-372.
- MIKULKA J. et KNEIFELOVÁ M., 2003: Významné a nově se šířící plevele. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 59 s.
- MIKULKA J., ŠTROBACH J., ANDR J. et BUREŠOVÁ V., 2010: Metody regulace invazních plevelů na zemědělské půdě. Uplatněná certifikované metodika. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., 32 s.
- MLÍKOVSKÝ J. et STÝBLO P. [eds], 2006: Nepůvodní druhy fauny a flóry České republiky. ČSOP, Praha, 496 s.
- PERTEL J., 2012: Pravděpodobný vývoj klimatu v ČR. *Ekologie hospodárnost (Pro energy magazín* 6 (2): 56- 59.
- PETŘÍK P. et PERGL J., 2008: Faktory ovlivňující rozšíření nepůvodních druhů cévnatých rostlin na ještědském hřebtu. *Zprávy České botanické společnosti* 43, *Materiály* 23: 51-61
- PRASADA R. E., WET J. M. J., BRINK D. E. et MENGESHA M. H., 1987: Intraspecific variation and systematics of cultivated *Setaria italica*, foxtail millet (Poaceae). *Econ. Bot.* 41:108-116.
- PRIMACK R. B., KINDLMANN P. et JERSÁKOVÁ J., 2011: Úvod do biologie ochrany přírody. Portál, s.r.o., Praha: 472s
- PROCHÁZKA F. [ed.] (2001): Černý a červený seznam cévnatých rostlin České republiky (stav v roce 2000). *Příroda*, Praha, 18: 1–166.
- PROCHÁZKA S., MACHÁČKOVÁ, I., KREKULE, J. et ŠEBÁNEK, J. (1998). *Fyziologie rostlin*. Praha, Academia, 484 s.
- PYŠEK P. et TICHÝ L., 2001: Rostlinné invaze. *Rezekvítek*. Brno. 2-16.
- PYŠEK P., DANIHELKA J., SÁDLO J., CHRTEK J. JR., CHYTRÝ M., JAROŠÍK V., KAPLAN Z., KRAHULEC F., MORAVCOVÁ L., PERGL J., ŠTAJEROVÁ K. et TICHÝ L., 2012: Catalogue of alien plants of the Czech Republic (2nd edition): checklist update, taxonomic diversity and invasion patterns. *Preslia* 84:155–255.
- PYŠEK P., SÁDLO J. et MANDÁK B., 2000: Catalogue of alien plants of the Czech Republic. *Preslia*, 74(2): 97-186.
- QIE L., JIA G., ZHANG W., SCHNABLE J., SHANG Z., Li W., LIU B., LI M., CHAI Y., ZHI H. et DIAO, X. (2014). Mapping of Quantitative Trait Locus (QTLs) that Contribute to Germination and Early Seedling Drought Tolerance in the Interspecific Cross *Setaria italica*×*Setaria viridis*. *PLoS ONE*, 9(7).



RADOSEVICH S. R., HOLT J. S et CLAUDIO M. G., 1997: Ecology of weeds and invasive plants: relationship to agriculture and natural resource management. John Wiley&Sons, New Jersey.

REHDER H. et SCHAFER A. 1978. In: Nitrogen in the Environment. D. R. Nielsen, J. G. MacDonald, [ed.], sv. II. New York, Academic Press, 157 s.

RICHARDSON D. M., PYŠEK P., REJMÁNEK M., BARBOUR M. G., PANETTA F. D. et WEST C. J., 2000: Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity Distrib.* 6: 93-107.

RICHARDSON A. E., LYNCH J. P., RYAN P. R., DELHAIZE E., SMITH F. A., SMITH S. E., HARVEY P. R., RYAN M. H., VENEKLAAS E. J., LAMBERS H., OBERSON A., CULVENOR R. A. et SIMPSON, R. J., 2011: Plant and microbial strategies to improve the phosphorus efficiency of agriculture. *Plant and soil* 349, 121–156.

RICHTER R. et HLUŠEK J., 1994: Výživa a hnojení rostlin: I. obecná část, Svazek 1. Vysoká škola zemědělská, Praha: 171.

RICHTER R. et HLUŠEK J., 2006: Využití dusíku z aplikovaných hnojiv. Sborník příspěvků z konference: Nové trendy v používání dusíkatých hnojiv. Výzkumný ústav rostlinné výroby.

SCALERA R., GENOVESI P., ESSL F. et RABITSCH W., 2012: The impacts of invasive alien species in Europe. EEA-Technical Report 16/2012, Publications Office of the European Union, Luxembourg: 118 s.

SCHWEIGWER O., BIESMEIJER J. C., BOMMARCO R., HICKLER T., HULME P. E., KLOTZ S., KÜHN I., MOORA M., NIELSEN A., OHLEMÜLLER R., PETANIDOU T., POTTS S. G., PYŠEK P., STOUT J. C., SYKES M. T., TSCHEULIN T., VILÀ M., WALTHERG.R., WESTPHAL C., WINTERM., ZOBEL M. et SETTELE J., 2010: Multiple stressors on biotic interactions: how climate change and alien species interact to affect pollination. *Biological Reviews* 85: 777–795.

SKALICKÝ V., 1988: Květena České socialistické republiky. [ed.] Slavík B, Hejný S. Svazek 1. Praha: Academia, 1988. 557 s. Kapitola Regionálně fyto geografické členění, 103–121.

THUILLER W, RICHARDSON D. M., ROUGET M., PROCHE S. et WILSON J. R. U., 2006: Interactions between environment, species traits, and human uses describe patterns of plant invasions. *Ecology* 87, 1755–1769.

VANĚK V., BALÍK J., PAVLÍKOVÁ D. et TLUSTŮŠ P.: 2007. Výživa polních a zahradních plodin. Profí Press, Praha, 167 s.

WALTHER G. R., GRITHE.S., BERGER S., HICKLER T., TYNGZ. Y. et SYKES M. T., 2007: Palmstracking climate change. *Glob. Ecol. Biogeogr.* 16: 801-809.

WALTHER G. R., ROQUES A., HULMEP. E., SYKES M., PYŠEK P., Kühn I., ZOBEL M., BACHER S., BOTTA-DUKÁT Z., BUGMANN H., CZÚCZ B., DAUBER J., HICKLER T., JAROŠÍK V., KENIS M., KLOTZ S., MINCHIN D., MOORA M., NENTWIG W., OTT J., PANNOV V. E., REINEKING B., ROBINET C., SEMENCHENKO V., SOLARZ W., THUILLER W., Vilà M., VOHLAND K. et SETTELE J., 2009: Alien species in a warmerworld: risks and opportunities. *Trends in Ecology and Evolution* 24: 686–693.

WANG S. K., 2012: Life history strategy influences biomass allocation in response to limiting nutrients and water in an arid system. *Pol. J. Ecol*, 60.3: 545-557.

WILLIAMSON M. et FITTER A., 1996: The varying succes of invaders. *Ecology* 77: 1661-1666.