

Dlouhodobé změny v druhového spektra plevelů v produkci cukrové řepy

WEED SPECIES CHANGES OVER LONG-TERM PERIOD IN SUGAR BEET PRODUCTION

Nataša Radojčić¹, Edita Štefanić², Slavica Antunović³, Dinko Zima⁴, Darko Dimić², Ivan Štefanić²¹Vukovar-Srijem County, Croatia²J. J. Strossmayer University, Faculty of Agriculture, Osijek, Croatia³Polytechnic in Slavonski Brod, Croatia⁴Polytechnic in Pozega, Croatia

Vegetace plevelů tvoří velmi dynamickou složku agroekosystémů po celém světě, protože reaguje na komplex vlivů prostředí a lidské činnosti, k níž patří například metody odplevelování, hnojení, kultivace půdy, ošetřování osiv, výběr plodin a jejich rotace (1). K největším a nejprudším změnám ve společenstvech plevelů došlo během relativně krátkého období v průběhu 20. století. Výzkumy v různých zemích naznačují velké posuny v této oblasti, spočívající například ve snížení počtu druhů plevelů či ve vzniku těžko zničitelných druhů s velkým rozptylem v prostředí (2).

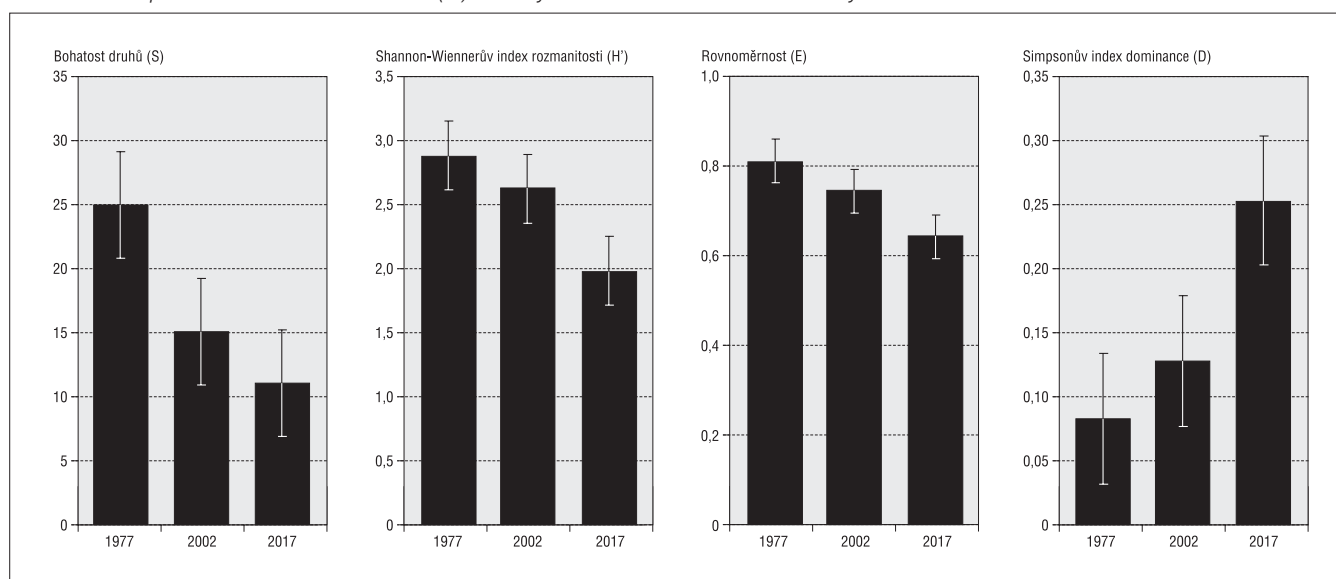
Cukrová řepa není příliš kompetitivní plodina, proto je zaplevelení jednou z největších hrozeb, kterým musí její pěstitele čelit (3). Invazivní druhy plevelů ubírají cukrovce slunce, půdní živiny i vodu, potlačují její růst, a pokud nejsou ničeny, mohou významně snížit její kvalitu i výnosy. Budeme-li cukrovou řepu pěstovat bez opatření na likvidaci plevele, mohou výnosové ztráty dosáhnout až 95 % (4). Dnes nejdůležitější a nekomplexnější opatření na ochranu rostlin představují herbicidy, které jsou základním předpokladem hospodárné a udržitelné produkce cukrové řepy (5). Avšak evropská legislativa vyžaduje udržitelné používání pesticidů a realizaci některých obecných zásad integrované ochrany proti škodlivým činitelům (6).

Odplevelování polí s cukrovou řepou se během doby významně proměnilo z extenzivních na inovační a vyspělé metody boje proti plevelům. Zavedení každé nové metody obvykle postupem času vede ke změnám složení a množství druhů plevelů, které na polích rostou. Proto může znalost dlouhodobých změn v plevelném společenstvu poskytnout užitečné informace pro lepší zvládnání tohoto problému při pěstování cukrové řepy, zejména pro zajištění souladu s evropskou legislativou a dosažení cíle udržitelného používání pesticidů.

Materiály a metody

Výzkum byl proveden v severovýchodní části Chorvatské republiky ve dvou okresech, Osijek-Baranja a Vukovar-Srijem, které jsou tvořeny otevřenou rovinatou krajinou, v níž je hlavním sektorem ekonomiky zemědělství a kde má pěstování cukrové řepy velký podíl na celkové produkci tohoto sektoru. Region se vyznačuje teplým a středně suchým až suchým nížinným podnebím (s nejsušším podnebím na východě území) s ročním teplotním průměrem 11,4 °C a průměrným ročním úhrnem srážek 699 mm s jarním srážkovým vrcholem v červnu.

Obr. 1. Průměr (\pm směrodatná odchylka) bohatosti druhů (S), Shannon-Wienerova indexu rozmanitosti (H'), rovnoměrnosti (E) a Simpsonova indexu dominance (D) v různých letech sledování v severovýchodním Chorvatsku



První výzkum byl proveden v létě roku 2002 (v období od poloviny července do první poloviny srpna) a pak znovu zopakován v roce 2017 ve stejném období pro zamezení rozdílů ve vegetaci způsobených jiným obdobím roku. Celkem bylo k výzkumu použito 76 polí (40 v roce 2017 a 36 v roce 2002) a výsledky byly porovnány s průzkumem provedeným v roce 1977 se stejným záměrem (7), což celkem představovalo 117 polí. Pozemky ze současných průzkumů (2002 a 2017) byly zvoleny tak, aby byly co nejbližší polím zkoumaným v roce 1977.

Na každém poli s cukrovou řepou byly zaznamenány údaje pro jeden fytoecologický snímek o standardní velikosti 100 m² pro zamezení vlivu okrajových částí pozemku. Na okrajích se totiž agro-environmentální podmínky a s nimi i vegetace často liší od zbytku pole. Pokrytí jednotlivými druhy bylo stanoveno odhadem podle sedmibodové Braun-Blanquetovy stupnice pokryvnosti a početnosti druhů (8). Braun-Blanquetovy indexy pokryvnosti (r, +, 1, 2, 3, 4 a 5) byly převedeny na procenta takto: 0–1, 1–5, 5–10, 10–25, 25–50, 50–75 a 75–100 %. Průměrná hodnota z každého intervalu byla použita jako absolutní hodnota pokryvnosti plevelných druhů.

Indexy použité k hodnocení společenstev plevelů v této studii zahrnovaly: bohatost druhů, Shannon-Wienerův index rozmanitosti, rovnoměrnost a Simpsonův index dominance. Jednotlivé indexy byly vypočteny takto:

- *bohatost druhů* (S) = celkový počet druhů ve vybraném úseku,
- *Shannon-Wienerův index rozmanitosti* (H') = $-\sum [p_i \ln(p_i)]$, kde p_i je relativní pokryvnost pro každý druh,
- *rovnoměrnost* (E) = $H' / \ln(\text{bohatost})$,
- *Simpsonův index dominance* (D) = $\sum p_i^2$.

Rozdíly v průměrné pokryvnosti plevelných druhů mezi jednotlivými obdobími výzkumu byly testovány jednofaktorovým testem ANOVA a následně Schefféovým testem vícečetného srovnání. Do analýzy byly zahrnuty pouze druhy plevelů s průměrnou pokryvností $\geq 0,02$ % alespoň v jednom z výzkumných období. Analýza výsledků byla provedena statickým programem SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) (9).

Rozdíly v druhovém složení podle průzkumu a podle vypočtených indexů společenstev byly analyzovány pomocí kanonické korespondenční analýzy (CCA) programem CANOCO 5 (10). Statistická významnost odpovídajících os CCA byla testována testem globální permutace (test typu Monte-Carlo) na 1 000 iterací – opakování (viz obr. 2.).

Tab. 1. Druhy plevelů s významnou změnou průměrné pokryvnosti mezi jednotlivými roky průzkumu 2017, 2002, 1977 podle testů ANOVA a Schefféova testu

| Druh plevelu | Průměrná pokryvnost | | | Schefféův test (p) | | |
|--|---------------------|------|------|--------------------|-----------|-----------|
| | 1977 | 2002 | 2017 | 1977–2002 | 1977–2017 | 2002–2017 |
| <i>Abutilon theophrasti</i> Med. | 0,55 | 1,76 | 4,43 | * | ** | ** |
| <i>Amaranthus retroflexus</i> L. | 2,33 | 2,21 | 0,19 | ns | * | * |
| <i>Ambrosia artemisiifolia</i> L. | 0,21 | 1,87 | 2,90 | * | ** | * |
| <i>Capsella bursa pastoris</i> (L.) Med. | 0,23 | 0,15 | 0,07 | * | ** | ns |
| <i>Chenopodium album</i> L. | 0,87 | 1,09 | 1,27 | ns | * | ns |
| <i>Cichorium intybus</i> L. | 1,51 | 2,34 | 0,39 | ns | ns | * |
| <i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop. | 1,04 | 1,23 | 0,19 | ns | * | * |
| <i>Convolvulus arvensis</i> L. | 0,99 | 0,18 | 0,26 | ns | ns | ns |
| <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers. | 0,54 | 1,00 | 0,27 | ns | ns | ns |
| <i>Datura stramonium</i> L. | 0,11 | 0,57 | 2,34 | * | ** | ** |
| <i>Echinochloa crus galli</i> (L.) PB. | 1,96 | 1,03 | 0,83 | ns | * | ns |
| <i>Hibiscus trionum</i> L. | 0,64 | 0,12 | 0,09 | ** | ** | ns |
| <i>Polygonum lapathifolium</i> L. | 0,96 | 1,53 | 0,31 | * | ns | * |
| <i>Setaria viridis</i> (L.) PB. | 0,56 | 0,74 | 0,23 | ns | ns | ns |
| <i>Sinapis arvensis</i> L. | 1,30 | 0,42 | 0,17 | * | * | ns |
| <i>Solanum nigrum</i> L. emend. Miller | 0,32 | 0,08 | 0,05 | ** | ** | ns |
| <i>Sonchus oleraceus</i> L. | 0,24 | 0,36 | 0,18 | ns | ns | ns |
| <i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers. | 0,63 | 2,17 | 2,02 | * | * | ns |
| <i>Stachys annua</i> L. | 0,22 | 0,14 | 0,09 | * | * | ns |
| <i>Stellaria media</i> (L.) Vill. | 0,56 | 0,24 | 0,19 | * | * | ns |
| <i>Xanthium strumarium</i> L. | 0,29 | 1,32 | 1,64 | * | * | * |

ns – nevýznamná změna; * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

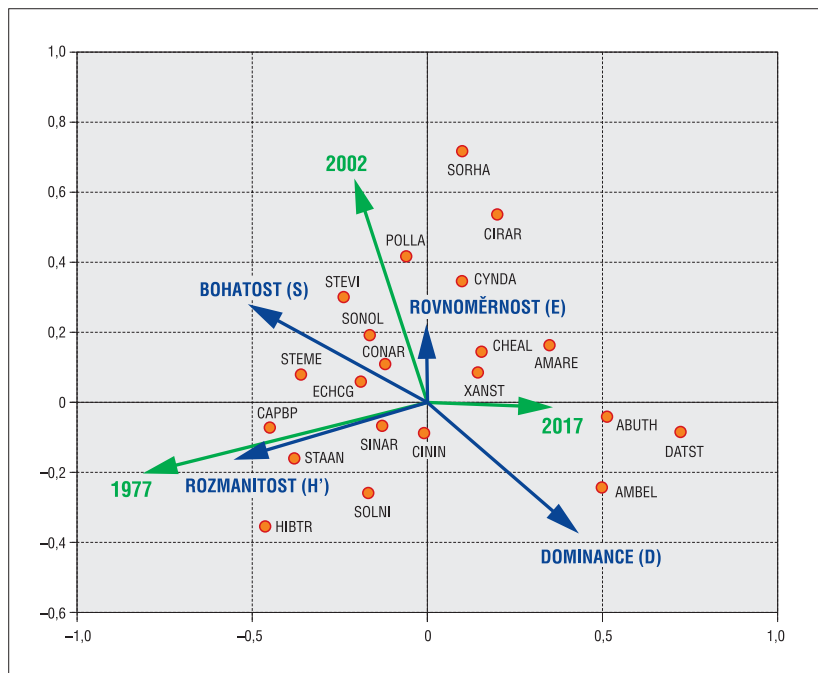
Výsledky a diskuse

Během čtyřicet let dlouhého období (1977–2017) bylo na polích s cukrovou řepou zaznamenáno celkem 148 různých druhů plevelů z 31 čeledí. Z nich se 82 druhů (tj. 56 %) objevilo ve vzorcích odebraných během prvního období (1977), zatímco v pozdějších letech bylo v cukrovce stanoveno jen 53 druhů (36 %) v roce 2002 a 42 druhů (29 % druhů) v roce 2017.

Statisticky vysoce významný byl zjištěný pokles v průměrném počtu plevelných druhů na jeden zkoumaný úsek pole (fytoecologický snímek) ($p < 0,001$), kdy se z 25 druhů plevelů zaznamenaných v roce 1977 stalo 11 v roce 2017. Významný byl i rozdíl v průměrném počtu druhů v roce 1977 a roce 2002 ($p < 0,001$), ale od roku 2002 již žádná významná změna nenastala (15 plevelných druhů v roce 2002). Navíc pokryvnost plevely se během této doby také významně snižovala z 0,32 (v roce 1977) na 0,14 (v roce 2002) a 0,07 (v roce 2017). Podobný trend snižování počtu druhů a jejich pokryvnosti v průběhu času uvádějí autoři i z řady dalších zemí (11, 12).

Skladba druhů s nejvyšší pokryvností (21) se během dané doby také významně změnila (tab. I.). Pokryvnost 11 druhů poklesla, zatímco v případě 6 druhů se významně zvýšila. U 4 druhů tyto hodnoty mezi léty 1977 a 2017 kolísaly.

Obr. 2. Třídění druhů, rok průzkumu a indexy rozmanitosti na ose 1 a 2 kanonické korespondenční analýzy (CCA)



Zkratky názvů plevelů: ABUTH – *Abutilon theophrasti*; AMARE – *Amaranthus retroflexus*; AMBEL – *Ambrosia artemisiifolia*; CAPBP – *Capsella bursa pastoris*; CICHIN – *Cichorium intybus*; CIRAR – *Cirsium arvense*; CONAR – *Convolvulus arvensis*; CYNDA – *Cynodon dactylon*; DATST – *Datura stramonium*; ECHCG – *Echinochloa crus-galli*; HIBTR – *Hibiscus trionum*; CHEAL – *Chenopodium album*; POLLA – *Polygonum lapathifolium*; SETVI – *Setaria viridis*; SINAR – *Sinapis arvensis*; SOLNI – *Solanum nigrum*; SONOL – *Sonchus oleraceus*; SORHA – *Sorghum halepense*; STAAN – *Stachys annua*; STEME – *Stellaria media*; XANST – *Xanthium strumarium*.



K nejradikálnějšímu poklesu došlo u těch archeofytů (např. *Hibiscus trionum*, *Solanum nigrum*, *Stachys annua*, *Capsella bursa-pastoris*), které nebyly schopny držet krok s prudkou intenzifikací zemědělství během posledních sta let (13). Tyto a jiné vzácné druhy jsou dnes omezeny na okraje polí s cukrovou řepou, což pravděpodobně souvisí s intenzivnějším zemědělským využíváním středového prostoru pozemku (14).

Pokryvnost plevelných druhů *Chenopodium album* a *Amaranthus retroflexus* se za sledované období víceméně nezměnila. Jedná se o běžné a velmi škodlivé druhy plevelů na polích cukrové řepy (tab. I.), které jsou i při mírném zamoření schopny významně snížit výnosy řepy. Podle výzkumu provedeného v Německu (15) dokáže jediná rostlina *Chenopodium album* na 1 m² pole způsobit ztrátu až 5–9 % výnosu.

K plevelům, jejichž výskyt se významně zvýšil, patří *Abutilon theophrasti*, *Ambrosia artemisiifolia* a *Datura stramonium*. Tyto invazivní druhy byly nejčastější a nejvíce převládající v severovýchodním Chorvatsku a během posledních několika desetiletí se jim mezi řádky cukrové řepy úspěšně daří, nejen v důsledku prodlouženého období klíčení, ale i díky jejich větší odolnosti proti herbicidům (16).

Nejen složení, ale i struktura společenství plevelů cukrové řepy se postupem času významně mění (obr. 1.). Odráží to významné rozdíly v indexech rozmanitosti druhů. Kromě poklesu druhové bohatosti (S) během doby významně klesají i Shannon-Wienerův index rozmanitosti (H') a rovnoměrnost (E), zejména v porovnání let 1977 a 2017. Pouze Simpsonův index dominance (D) vykazuje trend opačný. Pokles indexu H' v průběhu let souvisí s výrazným snížením druhové rozmanitosti a zvýšením nerovnoměrnosti relativní pokryvnosti jednotlivými druhy. Zvýšená dominance několika málo druhů v porovnání minulého a současného průzkumu je potvrzena zvyšující se hodnotou Simpsonova indexu.

Tyto výsledky dále dokládá i kanonická korespondenční analýza (CCA). První z os v grafu (obr. 2.) odpovídá časovým proměnám společenství plevelů cukrové řepy a vysvětluje 23,60 % všech rozdílů v údajích o plevelných druzích. Společenství plevelů se výrazně změnilo z rozmanité a početné skupiny druhů před čtyřiceti lety na skupinu, které dominuje jen několik málo druhů. Druhá osa vysvětluje pak dalších 14,81 % celkového rozdílu rozlišením plevelů s radikálním poklesem pokryvnosti a plevelů s víceméně kolísavými hodnotami v letech 1977 až 2017.

Závěrem lze říci, že zatímco před čtyřiceti lety (v roce 1977) bylo společenství plevelů cukrové řepy rozmanité a druhově bohaté, po pětadvaceti letech (v roce 2002) došlo podle

provedených záznamů k poklesu jak bohatosti druhů, tak rozmanitosti a rovnoměrnosti výskytu v rozsahu regionu i jednotlivého pole. Také ve stávající situaci (v roce 2017) dochází k jasnému nárůstu počtu plevelných druhů s velmi nízkou průměrnou pokryvností. Nejrozšířenějšími druhy na polích cukrové řepy v severovýchodním Chorvatsku se staly nové (invazivní) druhy, jako jsou *Abutilon theophrasti*, *Ambrosia artemisiifolia* a *Datura stramonium*.

Souhrn

Cukrová řepa je jarní plodina pěstovaná v řádcích vzdálených 45 až 50 cm, čímž vzniká značný prostor pro klíčení a růst plevelů. Dnes, v rámci integrované ochrany, musí být opatření proti plevelům v cukrové řepě orientována k udržitelnému používání herbicidů. Protože změny způsobí boje proti plevelům způsobují proměny jejich biologické rozmanitosti, je třeba jim lépe porozumět. Proto bylo provedeno porovnání aktuálních (2017) společenstev plevelů na polích cukrové řepy severovýchodního Chorvatska s výsledkem podobných průzkumů provedených v roce 2002 a 1977. Za posledních 40 let došlo u plevelů ke změnám v druhové bohatosti i složení společenstva a jeho struktúře, které byly stanoveny odhadem na základě indexů pro společenstva a multivariačních technik třídění. Průměrný počet druhů plevelů na zkoumaný úsek (snímek) pole a průměrná pokryvnost plevely se postupem času významně snížily. Řada archeofytů, které byly často nacházeny v minulosti, v současných průzkumech významně snížily svou pokryvnost. Nejradikálnější změny však byly pozorovány v oblasti invaze nových druhů *Abutilon theophrasti*, *Ambrosia artemisiifolia*

a *Datura stramonium* během posledních dvaceti let. Tyto výsledky také naznačují, že intenzifikace využívání půdy během zkoumaného období ovlivnila společenstva plevelů cukrové řepy a vedla k poklesu jejich druhové rozmanitosti.

Klíčová slova: plevel, změny v čase, indexy společenstev, kanonická korespondenční analýza.

Literatura

1. FRIED, G.; NORTON, L. R.; REBOUD, X.: Environmental and management factors determining weed species composition and diversity in France. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 128, 2008, s. 68–76.
2. CHAMORRO, L.; MASALLES, R. M.; SANS, F. X.: Arable weed decline in Northeast Spain: Does organic farming recover functional biodiversity? *Agric. Ecosyst. Environ.*, 223, 2016, s. 1–9.
3. KONSTANTINOVIC, B.; MESELDŽIJA, M.: Occurrence, spread and possibilities of invasive weeds control in sugar beet. *Proc. Nat. Sci. Matica Srpska*. Novi Sad, 110, 2006, s. 173–177.
4. PETERSEN, J.: A Review on Weed Control in Sugarbeet: From tolerance zero to period threshold. In INDERJIT (ED.): *Weed Biology and Management*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2003, s. 467–483, ISBN 978-94-017-0552-3.
5. GUMMERT, A.; LADEWIG, E.; MÄRLÄNDER, B.: Guidelines for integrated pest management in sugar beet cultivation – weed control. *Journal für Kulturpflanzen*, 64, 2012 (4), s. 105–111.
6. *EU-Directive 2009/128/EC, necessary minimum, sustainable use of herbicides*.
7. TOPIC, J.: *Ekološka istraživanja korovne vegetacije okopavina u kontinentalnom području Hrvatske*. Zagreb, 1982, Diseratacija, PMF.

-
8. BRAUN-BLANQUET, J.: *Pflanzensoziologie: Grundzüge der Vegetationskunde*. Wien (Austria), New York (USA): Springer, 3rd edn, 1964, 865 s.
 9. *PASW Statistics for Windows*. Version 18.0., SPSS Inc., Chicago, 2009.
 10. TER BRAAK, C. J. F.; ŠMILAUER, P.: *Canoco Reference Manual and User's Guide: Software for Ordination (version 5.0)*. Ithaca (USA): Microcomputer Power, 2012, 496 s.
 11. BAESSLER, C.; KLOTZ, S.: Effect of changes in agricultural land/use on landscape structure and arable weed vegetation over the last 50 years. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 115, 2006, s. 43–50.
 12. TYŠER, L. ET AL.: Changes in weed communities on selected areas with 30 year's interval. *Scientia Agriculturae Bobemica*, 40, 2009, s. 18–25.
 13. CIRUJEDA, A.; AIBAR, J.; ZARAGOZA, C.: Remarkable changes of weed species in Spanish cereal fields from 1976 to 2007. *Agronomy Sust. Developm.*, 31, 2011, s. 675–688.
 14. WAGNER, H. H.; WILDI, O.; EWALD, K. C.: Additive partitioning of plant species diversity in an agricultural mosaic landscape. *Landscape Ecol.*, 15, s. 219–227.
 15. WELLMANN, A.: *Konkurrenzbeziehungen und Schadensprognose in Zuckerrüben bei variiertem zeitlichen Auftreten von *Chenopodium album* L. und *Chamomilla recutita* (L.) Rauschert*. Universität Göttingen, 1999, Dissertation.
 16. ŠTEFANIĆ, E.; RAŠIĆ, S.: Invazivne biljne vrste na području sjeveroistočne Hrvatske. In *Agriculture in nature and environmental protection*. 2nd International scientific/professional conference. Vukovar, Hrvatska, 2009, s. 113–114.

Radojčić N., Štefanić E., Antunović S., Zima D., Dimić D., Štefanić I.: Weed Species Changes over Long-term Period in Sugar Beet Production

Sugar beet is spring crop planted in rows of 45 or 50 cm distance that provides a large surface area for weeds to germinate and grow. Nowadays, as a part of IPM, weed control measures in sugar beet production needs to be oriented to sustainable use of herbicides. Since the change of management practice affect the weed biodiversity, it need to be better understood.

For that purpose, a comparison of the actual weed community (2017) in sugar beet fields of north-eastern Croatia with a similar floristic surveys were carried 2002 and 1977. Changes in species richness, floristic composition and structure occurred in the last 40 years and were estimated using community-based indices and multivariate ordination techniques. The average weed species number per relevé and average weed cover declined significantly through time. Many of archeophytes, frequently surveyed in the past, decreased significantly in their cover in recent surveys. However, the most radical changes in the weed community structure were observed in invasion of *Abutilon theophrasti*, *Ambrosia artemisiifolia* and *Datura stramonium* during last two decades. The results also suggest that intensification of the land use over the investigated period affects weed community in sugar beet and led to decrease in weed species diversity.

Key words: weeds, temporal changes, community-based indices, Canonical Correspondence Analysis.

Kontaktní adresa – Contact address:

prof. dr. sc. Edita Štefanić, J. J. Strossmayer University in Osijek, Faculty of Agriculture, Institute for Plant Protection, Vladimira Preloga 1, 31000 Osijek, Croatia, e-mail: estefanic@pfos.hr