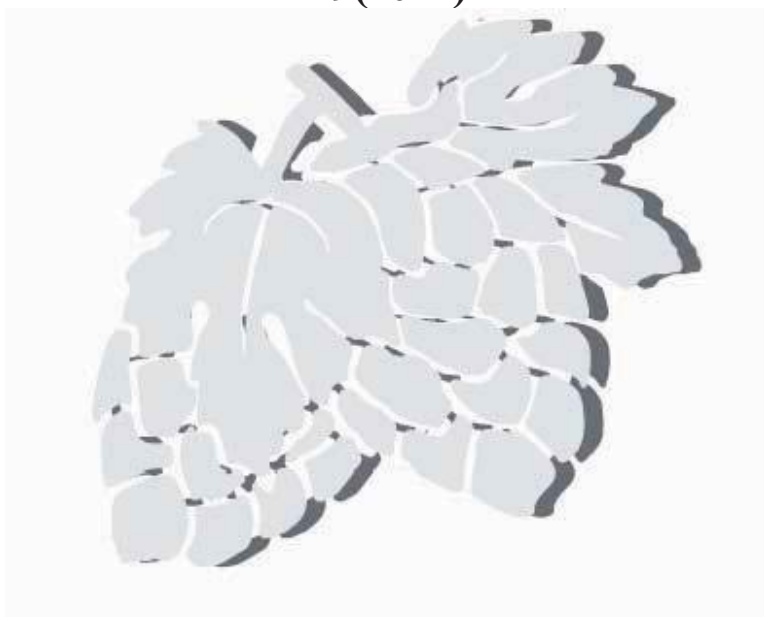


**Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije  
Slovenian Institute of Hop Research and Brewing**

# **Hmeljarski bilten Hop Bulletin**

**19(2012)**



**Žalec, 2012**

## Hmeljarski bilten / Hop Bulletin ISSN 0350-0756

**Izdaja /**  
Issued by

Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije (IHPS) /  
Slovenian Institute of Hop Research and Brewing (IHPS)  
Cesta Žalskega tabora 2, 3310 Žalec, Slovenija / Slovenia

**Urednici /**  
Editors

**dr. Barbara Čeh** in **dr. Andreja Čerenak**

**Uredniški odbor /**  
Editorial Board

dr. **Barbara Čeh** (IHPS), dr. **Andreja Čerenak** (IHPS), prof. dr. **Anton Ivančič** (Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, Maribor / University of Maribor, Faculty of Agriculture and Life Sciences), doc. dr. **Jernej Jakše** (Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani / University of Ljubljana, Biotechnical Faculty), prof. dr. **Branka Javornik** (Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani / University of Ljubljana, Biotechnical Faculty), doc. dr. **Milica Kač** (Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani / University of Ljubljana, Biotechnical Faculty), doc. dr. **Iztok Jože Košir** (IHPS), dr. **Karel Krofta** (Hop Research Institute, Žatec, Češka), doc. dr. **Martin Pavlovič** (IHPS), dr. **Sebastjan Radišek** (IHPS), dr. **Elisabeth Seigner** (Freising, ZRN), dr. **Siniša Srečec** (Visoko gospodarsko učilište u Križevcima, Hrvaška / College of Agriculture at Križevci, Croatia), prof. dr. **Anton Tajnšek** (emeritus)

**Naslov uredništva,**  
**umeritev /**  
Address of Editor,  
editorial policy

Cesta Žalskega tabora 2, SI-3310 Žalec, Slovenija;  
e-pošta: barbara.ceh@ihps.si in andreja.cerenak@ihps.si  
Prispevki so recenzirani. Za jezikovno pravilnost odgovarjajo avtorji. /  
Papers are reviewed and revised. Authors are fully responsible for proper  
linguistic structure of the text.

**Domača stran /**  
Home page

<http://www.ihps.si>

**Financer /**  
Financed by  
**Naročnina /**  
Subscription

Javna agencija za knjigo Republike Slovenije /  
Slovenian Book Agency  
Posamezna številka 20,00 EUR  
Individual issue 20.00 EUR

**Trans. račun /**  
Account

06000-0006336339 Banka Celje d.d., Celje

**Bilten selektivno**  
**zajemajo /**  
Indexed and  
abstracted by

COBISS, AGRIS, CABI Publishing, EBSCO Publishing

**Dokumentacijska**  
**obdelava /**  
Indexing,  
Classification and  
Networking

Mednarodna: Slovenski nacionalni center AGRIS /  
International: Slovene National AGRIS Center  
Domača: mag. Simona Juvan, UL, Biotehniška fakulteta, Centralna  
biotehniška knjižnica /  
National: Simona Juvan, M.Sc., UL, Biotechnical faculty, Central  
Biotechnical Library

**Tisk /**  
Printed by

Birografika Bori d.o.o.  
Natisnjeno v 100 izvodih. / Printed in 100 copies.

**Avtorske pravice /**  
Copyright

© 2012 Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije /  
© 2012 Slovenian Institute of Hop Research and Brewing

# Hmeljarski bilten / Hop Bulletin

ISSN 0350-0756

## VSEBINA / CONTENTS

s. / p.

- Barbara ČEH, Boštjan NAGLIČ, Monika OSET LUSKAR  
**Hop (*Humulus lupulus* L.) cones mass and lenght at cv. savinjski golding**  
/ Masa in dolžina storžkov hmelja (*Humulus lupulus* L.) sorte Savinjski golding.....5
- Iztok Jože KOŠIR, Janja KLEZIN  
**Karakterizacija eteričnega olja sorte hmelja Bobek**  
/ Characterisation of the essential oil of hop variety Bobek ..... 17
- Martin PAVLOVIČ, Viljem PAVLOVIČ  
**Market supply of hops for the global brewing industry in the third millenium**  
/ Ponudba hmelja svetovni pivovarski industriji v tretjem tisočletju.....27
- Martin PAVLOVIČ, Nataša FERANT, Viljem PAVLOVIČ  
**Basic characteristics of hop production**  
/ Osnovne značilnosti pridelave hmelja.....38
- Darja KOCJAN AČKO  
**Uporaba navadnega prosa (*Panicum miliaceum* L.) v prehrani in možnost vključevanja na hmeljišča v premeni**  
/ Use of proso millet (*Panicum miliaceum* L.) in human nutrition and possibilities for integration on hop gardens in strands .....45
- Magda RAK CIZEJ, Jolanda PERSOLJA, Sebastjan RADIŠEK,  
Gregor LESKOŠEK, Alenka FERLEŽ RUS  
**Prognoza napovedovanja hmeljeve listne uši (*Phorodon humuli* Schrank) na hmelju (*Humulus lupulus* L.)**  
/ Prognosis of damson-hop aphid (*Phorodon humuli* Schrank) on hop (*Humulus lupulus* L.).....59

Sebastjan RADIŠEK, Gregor LESKOŠEK, Magda RAK CIZEJ,  
Alenka FERLEŽ RUS

**Hmeljeva peronospora (*Pseudoperonospora humuli*): biologija, strategija  
varstva nasadov in osnove prognoze**

/ Hop downy mildew (*Pseudoperonospora humuli*): biology, plant protection  
strategy and disease forecasting .....72

Sebastjan RADIŠEK, Alenka FERLEŽ RUS

**Kumarna plesen (*Pseudoperonospora cubensis*): biologija, epidemiološke  
lastnosti in varstvo rastlin**

/ Cucurbit downy mildew (*Pseudoperonospora cubensis*): biology, epidemiology  
and plant protection .....80

Barbara ČEH, Saša ŠTRAUS, Aleš HLADNIK, Monika OSET LUSKAR,  
Bojan ČREMOŽNIK

**Pridelek rička (*Camelina sativa* (L.) Crantz) glede na lokacijo in sorto**

/ Yield of false flax (*Camelina sativa* (L.) Crantz) with regard to  
location and variety .....88

Boštjan NAGLIČ, Cedric KECHAVARZI, Marina PINTAR

**Modelling of water distribution under drip irrigation systems**

/ Modeliranje razporejanja vode pod kapljičnimi namakalnimi sistemi ..... 100

## HOP (*Humulus lupulus* L.) CONES MASS AND LENGHT AT CV. SAVINJSKI GOLDING

Barbara ČEH<sup>1</sup>, Boštjan NAGLIČ<sup>2</sup>, Monika OSET LUSKAR<sup>3</sup>

UDC / UDK 633.791:631.559:551.58(045)

original scientific article / izvorni znanstveni članek

received / prispelo: 4<sup>th</sup> October 2012

accepted / sprejeto: 20<sup>th</sup> November 2012

### Abstract

In the article the increase of hop cones mass and length at cv. Savinjski golding during forming is presented with regard to weather conditions. Hop cv. Savinjski golding is rather sensitive on the weather conditions with regard to the mass of 100 cones and their length. Stress caused by the shortage of rainfalls and high temperatures, especially during flowering and cones formation (last decade of June and the first two decades of July) cause negative effect on the cones mass and length in the time of technological maturity. The lowest average values in the time of technological maturity at the location Žalec were determined in years with rainfall deficiency in the last decade of June and the first two decades of July, accompanied with high temperatures; mass of 100 cones was 10–11 g dry matter, and the length of cones 30–32 mm. On the other side, higher mass of 100 cones (14–16 g) was obtained in years with above average rainfall quantity in these three decades, or a bit less than average rainfall quantity but average temperatures without extreme ones. Comparing different locations, the trend was the same, but values were a bit lower.

**Key words:** hop, *Humulus lupulus* L., Savinjski golding, cones, technological maturity, weather conditions, yield

## MASA IN DOLŽINA STORŽKOV HMELJA (*Humulus lupulus* L.) SORTE SAVINJSKI GOLDING

### Izveleček

V članku je opisano povečevanje mase in dolžine storžkov hmelja sorte Savinjski golding v času oblikovanja storžkov in zorenja glede na vremenske razmere. Masa

<sup>1</sup> Dr., univ. dipl. inž. agr., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Cesta Žalskega tabora 2, 3310 Žalec, Slovenija, e-pošta: barbara.keh@ihps.si

<sup>2</sup> MSc, Plima, d. o. o., Cesta Žalskega tabora 14, 3310 Žalec, e-pošta: bostjan.naglic@ihps.si

<sup>3</sup> Univ. dipl. inž. kmet., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Cesta Žalskega tabora 2, 3310 Žalec, Slovenija, e-pošta: monika.oset-luskar@ihps.si

storžkov in njihova dolžina v času tehnološke zrelosti je precej odvisna od vremenskih razmer. Stres zaradi pomanjkanja padavin in visokih temperatur, še posebej v času cvetenja in tvorbe storžkov (zadnja dekada junija in prvi dve dekadi julija) negativno vpliva na maso storžkov in njihovo dolžino v času tehnološke zrelosti. Najnižja masa in dolžina storžkov v času tehnološke zrelosti je bila na lokaciji Žalec določena v letih, ko je bilo v omenjenih treh dekadah malo padavin, temperature pa so bile visoke. V takšnih letih je bila masa 100 storžkov 10–11 g (suhe snovi), dolžina storžkov pa 30–32 mm. Večja masa storžkov (14–16 g) je bila dosežena v letih z nadpovprečno količino padavin v teh treh dekadah oziroma v letu, ko je bila količina padavin v teh treh dekadah sicer nižja od povprečja, vendar so bile zmerne temperature. S primerjavo vrednosti na različnih lokacijah smo ugotovili enak trend, vendar so bile vrednosti nekoliko nižje.

**Ključne besede:** hmelj, *Humulus lupulus* L., Savinjski golding, storžki, tehnološka zrelost, vremenske razmere, pridelek

## 1 INTRODUCTION

The harvest of hop plants begins when hop cones reach their technological maturity; when cones have the highest alpha-acid content, reach maximum size and maximum weight. Also a typical structure of essential oils and quality harvesting is guaranteed at that stage. Hops harvested before technological maturity have worst quality and contain too much moisture. Prolonging harvest over the stage of technological maturity results in yellow or brownish cones, lower alpha-acid content and also higher losses due to dispersal and crumbling of hop cones (Čeh and Zmrzlak, 2006).

The start of technological maturity depends on technological measures, weather conditions during growth season (sum of effective temperatures from the first emergence to maturity is at cv. Savinjski golding on average 1698°C), and on a hop variety. Savinjski golding is an early variety; it reaches technological maturity between 10<sup>th</sup> and 20<sup>th</sup> of August (Čeh and Zmrzlak, 2006; Čeh and Zmrzlak, 2012; Čeh et al., 2011). According to the archive of Slovenian Institute of Hop Research and Brewing cv. Savinjski golding reached technological maturity in 2006 on 18<sup>th</sup> August, in 2007 on 10<sup>th</sup> August, in 2008 on 18<sup>th</sup> August, in 2009 on 13<sup>th</sup> August, in 2010 on 20<sup>th</sup> August, in 2011 on 15<sup>th</sup> August and in 2012 on 16<sup>th</sup> August.

The period of technological maturity at Savinjski golding lasts only seven to ten days. Length of the cones increases rather fast and firmly during their forming; the final length depends on the variety and weather conditions. At the same time their weight and the amount of dry matter also increase. Maximum weight of dry matter at Savinjski golding is reached in the middle of technological maturity. At the end

of technological maturity the mass and length of cones begin to decline (Čeh and Zmrzlak, 2006; Čeh and Zmrzlak, 2012; Čeh and Friškovec, 2007c).

The aim of this research is to find out the influence of weather conditions on increasing of hop cones mass and their length, in period from hop cones formation till technological maturity at cv. Savinjski golding.

## **2 MATERIAL AND METHODS**

### **2.1 Variety Savinjski golding**

Savinjski golding is a traditional Slovenian variety, an ecotype of the English Fuggle, which was brought to Slovenia in the 19<sup>th</sup> century. This variety is recognised for its good agronomic traits in hop production and processing. Resistance on primary infection of downy mildew is low, resistance on its secondary infection is medium. Resistance to powdery mildew and to mild form of verticillium wilt is medium, to lethal form of verticillium resistance is low (Čerenak et al., 2011). Savinjski golding contains 2.8–6.1 % alpha-acids in hop cones, the yield is from 1.2 to 2.2 t/ha. The entry in the National list of Varieties for Savinjski golding was on 31<sup>st</sup> of Dec 1968 (Descriptive ..., 2009). Trade name is Stryian Savinjski golding, abbreviation SSG (Regulation ..., 2012).

### **2.2 Data processing**

#### **2.2.1 Increase in the length and mass of hop cones during forming**

The sampling of hop cones of cv. Savinjski golding was carried out from 2006 to 2012 at the location Žalec (Slovenian Institute of Hop Research and Brewing - IHPS) from the end of July till mid August or even until beginning of September in three to four days intervals. Each time cones length and mass were determined. Since the data of hop cones length and mass was not provided at the same dates for each year and because there were unequal gaps (in days) between successive hop sampling days, the data mining was used to estimate missing data for each year.

#### **2.2.2 Mass of 100 cones**

The average mass of 100 cones of hop cv. Savinjski golding was analysed comparing the data of different locations at the time of technological maturity from 2006 to 2012. In 2006 there was one location analysed, in 2007 two, in 2008 three, in 2009 four, in 2010 three, in 2011 three and in 2012 four locations. Hop cones were collected at each location at the time of technological maturity. Data was

analysed for all locations for each year and average, minimum and maximum summary statistics was used to compare investigated years with each other.

### **2.3 Cones sampling and analysing**

For each sampling samples of hop cones were gathered from 50 plants diagonally or zigzag in the hop field, from each plant equally from the upper, lower and middle third. Cones were thoroughly mixed and 2 litres of them were put in a plastic bag. For moisture analyse some cones were immediately put in a tight metal box. The moisture content was performed according to Analytica EBC 7.2. (1998). Samples were collected when the dew was gone, and in the days when there was no rainfall. Each time the length of 100 randomly selected cones were wighted and measured. The average value was recorded in millimetres. The mass of 100 cones dry matter was calculated afterwards. The presented data on 100 cones mass in this article refer to their dry matter weight.

### **2.4 Soil**

Soil in the hop field where hop cones were sampled (location Žalec) is alluvial, brown, medium-deep. In most of the identified horizons texture class clayey loam was determined, which ranks this soil among heavy soils. In deeper horizons signs of water retention are noticeable. Soil pH in the upper horizon is 6.8, plant available phosphorus content in the supply class D (33.2 mg/100 g soil), plant available potassium content in the supply class B (15.9 mg/100 g soil), organic matter content 2.7%.

### **2.5 Weather conditions in the hop growth seasons from 2006 to 2012**

In 2006 weather conditions were not favourable for growth and development of hop plants. They were characterized by a relatively low temperature in different periods and high temperatures in July. Spring was cold and wet, in the beginning of June abundant rainfall followed. After warming that followed hop plants grew intensively, but above-average temperatures in the second half of June and in July combined with the lack of rainfall in mid July slowed growth again. In the last decade of June the average temperature was by 6 degrees higher compared to the long term average (of last 40 years), the first two decades of July by two degrees. Hop plants went through phenophases fast, photosynthesis was inhibited. After hot and dry July, beginning of August was relatively cold and rainy (Čeh and Friškovec, 2006; Agrometeorological ..., 2006).

Year 2007 was warm with high temperatures in the second half of July; maximum temperatures were even above 35°C. There were high temperatures fluctuations; temperatures in different periods dramatically increased or decreased (up to 10°C).



The average temperature from April to August was 18.2°C, which is nearly two degrees above the long-term average. During this growing season 473 mm of rainfall fell (116 mm less than is the long-term average), often as heavy showers and storms. There was 116 mm of rainfall in July, and 19 mm in the last decade of June; average temperatures in this time were by 1 to 2 degrees higher compared to the long-term average (Agrometeorological ....., 2007; Čeh and Friškovec, 2007a).

During the growth season of 2008 the amount of rainfall was 713 mm (124 mm more compared to the long-term average), but very unevenly distributed. The smallest amount of precipitation occurred in May, 47 mm, the most in June, 228 mm. July was rather wet. The average temperature from April to August was 16.4°C, which is by a good degree more than the long-term average. The second decade of June was by 1.2°C colder than the long-term average, the minimum daily temperature was 9.9°C, while in the last decade of June extremely high temperatures were recorded (in most days maximum daily temperature exceeded 30°C, the average temperature of the decade was by 4.6°C above the long-term average). In the first two decades of July average decades temperatures were by 1 to 2 degrees higher compared to the long-term average (Agrometeorological ....., 2008; Čeh and Friškovec, 2008).

In May 2009 relatively high temperatures were recorded, and then they decreased quickly. This reflected in uneven and long flowering of cv. Savinjski golding and consequently in uneven ripening. Compared with the long-term average in 2009 the highest amount of precipitation was recorded in June (174 mm) and in the beginning of July. In the last decade of June and the first two decades of July the average temperatures were comparable to the long-term average, the rainfall amount was by 60 mm higher. In early August, during the maturation of hops, very high temperatures were recorded (Agrometeorological ....., 2009; Čeh and Friškovec, 2009).

In all decades of hop growth season 2010 until the end of July, the amount of rainfall was less and the temperatures were higher compared to the long-term average. In particular, the temperatures were high in the first two decades of July, which were accompanied by low rainfall amount (9 mm in both decades together). In the last decade of June there was only 7 mm of rainfall, too. A large deviation from the long-term average (higher temperatures) occurred also in the last ten days of April, the last ten days of May and in the middle of June. In the last ten days of July and in August, the weather conditions were similar to the long-term average (Agrometeorological ....., 2010).

In hop growth season in 2011 fell 413 mm of rainfall (timely, quantitatively, and locally very unevenly distributed), which is 173 mm less than the 40-years

average. Rainfall was almost in all decades under the long-term average. The largest rainfall deficit compared to the long-term average was recorded in August, when it was almost 96 mm less rainfall, but also in the second half of June and the first two decades of July. Above-average rainfall was recorded only in the first decade of June and in the third decade of July, when the rainfall deficit was partly covered. Almost throughout whole growth season higher temperatures, than the long-term average, were recorded. In the third decade of July there was a drastic drop of average temperature from 22°C in the second decade to 17°C in the third decade of July (Agrometeorological ....., 2011).

Season of 2012 was characterised by extremely low rainfall quantity, which continued already from the autumn 2011. Also March was extremely dry; low rainfall in the form of short showers was recorded on 19<sup>th</sup> of March, all other days were dry. From April to June there was 338 mm rainfall, which was relatively well distributed. In April, May and June the average temperature was higher than the long-term average. A high deviation from long term average was especially in the last decade of April and in the first decade of May, when the average daily temperature deviated up from the long-term average by 3.2°C and 3.5°C. Very warm was also the second half of June, when maximum daily temperatures exceeded 30°C. The lack of rainfall started again in the last ten days of June, continued in July and August. From 15<sup>th</sup> of June to 12<sup>th</sup> of July only 13 mm of rain was recorded. During this period above average temperatures also occurred and that already dictated onset of drought. Whole August was dry and hot. The average daily air temperature was higher than the long-term average in July by 2.1°C, in August by 2.6°C (Agrometeorological ....., 2012).

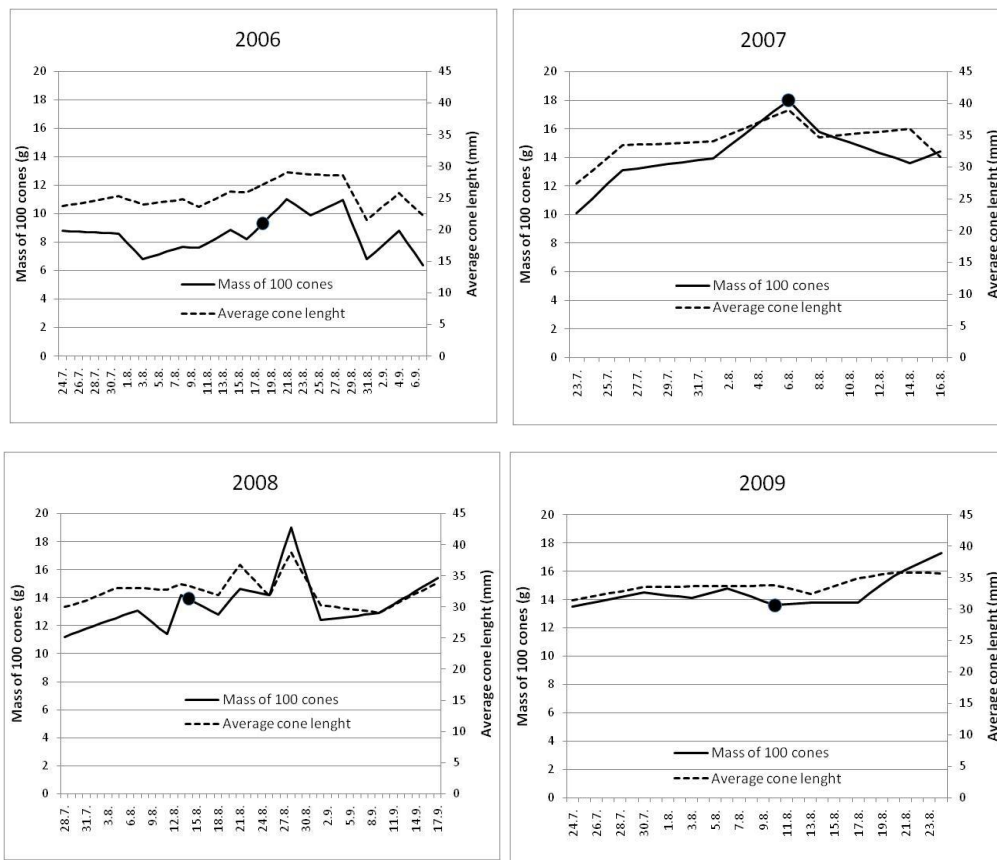
### **3 RESULTS AND DISCUSSION**

#### **3.1 Increase in the length and mass of hop cones during forming**

Figures 1 and 2 show changes in the average cone length and in the mass of 100 cones (dry matter) of cv. Savinjski golding from the end of July until late August or even until September for seven successive years (from 2006 to 2012).

Weather conditions in 2006 were not favourable for growth and development of hop plants which resulted in low 100 cones mass (Figure 1). It was the lowest among the investigated years. After cold and wet spring and a hot and dry July, relatively cold and rainy early August followed. That slowed down the increase of alpha acids in the cones, which remained small and lightweight. Therefore, the yield of hops was significantly lower than we anticipated in July (Čeh, 2006). Yield was in some hop fields up to 70 % lower than expected (Čeh and Friškovec,

2006a). As it can be seen on the Figure 1, the cones weight reached its higher values in the middle of technological maturity, although the increase was relatively low (this parameter increased only by 2 g from the end of July to the peak value of 11 g), and then the mass dropped. Also the length of hop cones remain low; 30 mm the most.



**Figure 1:** Mass of 100 cones (g dry matter) and average cone length (mm) for hop growth seasons 2006–2009 (July – September) for location Žalec

**Slika 1:** Masa 100 strožkov (g suhe snovi) in povprečna dolžina storžkov v letih 2006–2009 (julij - september) za lokacijo Žalec

Legend for Figures 1 and 2: — Mass of 100 cones    - - - Average cone length    ● Start of technological maturity

Even if 2007 season was exceptionally warm and there was 116 mm less rainfall in the vegetation period compared to the long term average, the 100 cones mass of Savinjski golding was much higher compared to the year of 2006 (Figure 1).

Because of high temperatures the technological maturity appeared ten days sooner than the year before (Čeh and Friškovec, 2007b; Friškovec and Čeh, 2007). The mass of 100 cones was the highest between 2<sup>nd</sup> and 10<sup>th</sup> of August. On 23<sup>rd</sup> of July the mass of 100 cones was similar then in the previous year, but afterwards it was increasing until 6<sup>th</sup> of August, when it reached 18 g. The length of cones reached 39 mm.

The wet season of 2008 was favorable for the growth and development of the hop plants cv. Savinjski golding (Čeh and Friškovec, 2008). It can be seen also in the investigated parameters (Figure 1). The mass of 100 cones increased from the end of July and reached the peak from 21<sup>st</sup> to 28<sup>th</sup> of August (during the technological maturity) (Čeh, 2008). In that time it was between 14 and even 19 g, similar than in year 2007. The length of hop cones was between 32 and 38 mm.

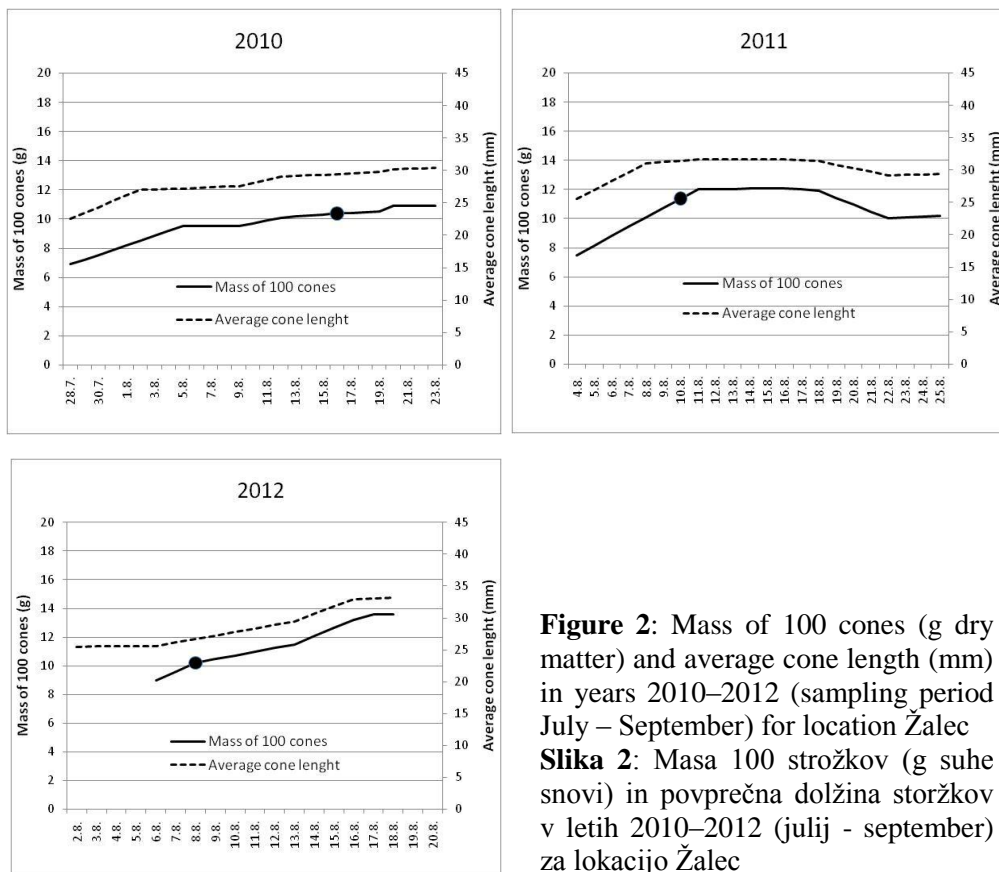
In 2009 the mass of 100 cones and the length of hop cones almost did not change from the end of July till the end of August. This is due to the fact that there was uneven ripening of hop plants in this season; there were flowers and hop cones on the same plants already in July, which reflected in the same average mass (around 14 g) and length (around 34 mm) no matter when the sampling was done. In early August, during the maturation of hops there were very high temperatures, which had a negative impact on the development of cones. Many cones remain small, light and even immature. Finally, the mass of 100 cones reached 17 g and the length 35 mm, but after the technological maturity.

In 2010 low mass of 100 cones and also the length of cones were reached. Obviously high temperatures in the first two decades of July, accompanied by low rainfall amount, did not have positive impact on those two parameters. Mass of 100 cones reached 11 g maximum and the length 30 mm (Figure 2), similar as in 2006. At the end of July the mass was only 7 g, and also slow increase afterwards can be seen.

In 2011 the mass of 100 cones was also 7 g at the end of July, then it increased, but it remained low; it reached 12 g on 11<sup>th</sup> of August and stayed on this level for about a week. The length of cones reached 32 mm on 8<sup>th</sup> of August and stayed on this level for 10 days (Figure 2). Again, the lack of precipitation and higher temperatures than the long-term average throughout the whole growth season, especially in the second half of June and the first two decades of July, accompanied with lack of rainfall, had negative effect on two investigated parameters of cv. Savinjski golding.

In spite of extreme drought conditions in 2012 hop cones length reached 33 mm and their mass reached 13.6 g, but after the technological maturity. In the time we had to harvest hop plants, these parameters were 30 mm and 10–11 g, respectively.

The length of cones and their mass were increasing steadily from the beginning of August to the end of monitoring on 18<sup>th</sup> of August (Oset Luskar and Friškovec, 2012a; 2012b).



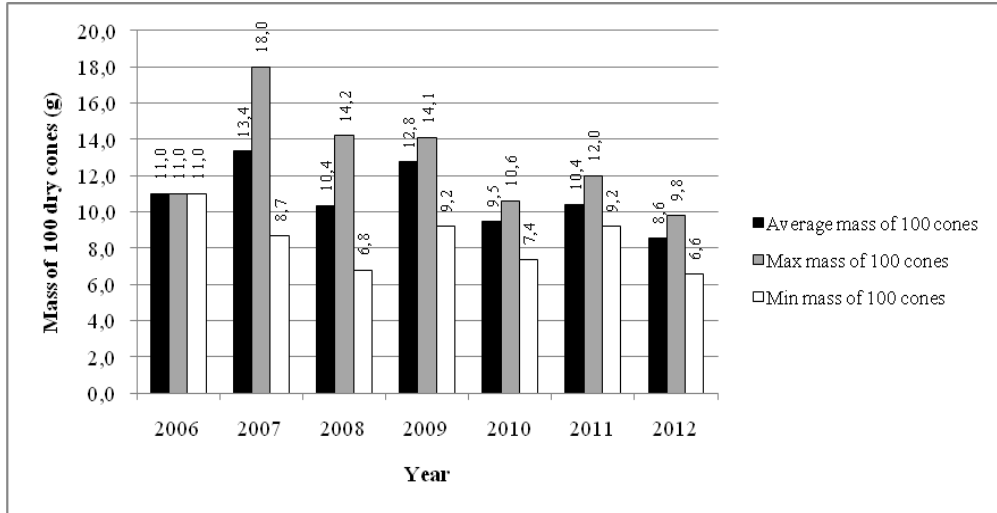
**Figure 2:** Mass of 100 cones (g dry matter) and average cone length (mm) in years 2010–2012 (sampling period July – September) for location Žalec  
**Slika 2:** Masa 100 strožkov (g suhe snovi) in povprečna dolžina storžkov v letih 2010–2012 (julij - september) za lokacijo Žalec

Therefore, the highest average mass of 100 cones occurred in 2007, 2008 and 2009. Maximum mass of 100 cones was observed in these years, too; in 2008 followed by 2007 and 2009, resulting in 19.0, 18.0 and 17.3 g. The highest cones length in technological maturity was observed in 2007, followed by 2009 and 2008, resulting in 39.0, 38.8 and 35.8 mm.

### 3.2 Mass of 100 cones at the technological maturity

At the stage of technological maturity different locations through Lower Savinja valley were taken into account with regard to 100 cones weight. Locations were different in different years (from 2006 to 2012) and there was also different number of locations. The highest average mass of 100 cones, when taking into

account all locations for each year, occurred in 2007 (13.4 g), followed by 2009 (12.8 g), 2006 (11.0 g), 2008 (10.7 g), 2011 (10.4 g), 2010 (9.8 g) and 2012 (8.6 g) (Figure 3).



**Figure 3:** Average, maximum and minimum mass of 100 dry cones for seven successive years (2006–2012) for all locations at the stage of hop plants technological maturity.

**Slika 3:** Povprečna, največja in najmanjša masa 100 suhih strožkov glede na leto (2006–2012) za vse preučevane lokacije v času tehnološke zrelosti

In 2006 the data was available only for location Žalec (11 g) and in 2007 for two locations (8.7 and 18 g). In 2008 there were three locations considered; mass of 100 cones was 6.8, 10.1 and 14.2 g. In 2009 four locations were considered with the mass of 9.2, 13.6, 14.1 and 14.1 g, in 2010 three locations were considered, resulting in mass of 7.4, 10.4 and 10.6 g, in 2011 three locations were considered, resulting in 9.2, 10.1 and 12.0 g and in 2012 the mass for four locations was 6.6, 8.9, 9.0 and 9.8 g.

Considering individual sampling locations (Figure 3), the highest mass of 100 dry cones was observed at one location in 2007 at 18.0 g and the lowest mass in 2012 at 6.6 g. Maximum average mass of 100 cones, reached in 2007, was followed by 2009, 2006, 2008, 2011, 2010 and 2012 with 12.8, 11.0, 10.4, 10.4, 9.5 and 8.6 g, respectively.

#### 4 CONCLUSIONS

Hop cv. Savinjski golding is rather sensitive on the weather conditions with regard to 100 cones weight and their length. Stress due to the shortage of rainfall and high temperatures, especially during flowering and cones formation (last decade of June and the first two decades of July) have negative effect on the cones mass and length in the time of technological maturity. The lowest average values were determined in 2006, 2010, 2011 and 2012. In these years mass of 100 cones was 10–11 g, and the length of cones 30–32 mm. In all these years there was shortage in rainfall in the period from the last decade of June to the first two decades of July, accompanied with high or even extreme temperatures; the quantity of rainfall in these three decades was 99, 17, 52 and 99 mm, respectively.

On the other side, in 2007, 2008 and 2009 in the same three decades there was above average rainfall quantity, or at least 2/3 of average rainfall quantity accompanied with average temperatures (without extreme ones). In these years mass of 100 cones was 14–16 g. Even if the temperatures in these three decades were extreme in some days and higher compared to the long-term average, the above average rainfall amount (159 mm) obviously impacted positively to the mass of 100 cones (in 2008). In 2007 the amount of rainfall was not so high (it was 2/3 third of long term-average; 84 mm), but there were not extreme temperatures; the period was by 1 to 2 degrees warmer compared to the long-term average. In 2009 the amount of rainfall in these three decades was 192 mm and temperatures were similar then the long-term average.

Comparing different locations in mass of 100 cones in technological maturity the values were lower than at the location Žalec itself, but the trend was the same; the highest average mass of 100 cones, when taking into account all sampling locations for each year, occurred in 2007 (13.4 g), followed by 2009 (12.8 g), 2006 (11.0 g) and 2008 (10.8 g). (The location Žalec reached the highest values of mass of 100 cones each year and in 2006 the sampling was done only at this location, so it can be considered that it would be lower in the scale if the sampling would be done at more locations.) In years 2011 (10.4 g), 2010 (9.8 g) and 2012 (8.6 g) low average mass of 100 cones were detected.

#### 5 REFERENCES

- Agrometeorological portal of Slovenia (<http://agromet.mkgp.gov.si/APP/Home/METEO/1>), 2006 – 2012  
Analytica - EBC 7.2. 1998. Moisture Content of Hopss and Hop Products

- Čeh B. Napoved pridelka hmelja cv. Aurora in cv. Savinjski golding v letu 2006 / Production forecast for hop cv. Aurora and cv. Savinjski golding in 2006. *Hmelj. inf.* 2006; 23(11): 35-36.
- Čeh B. Spremljanje parametrov tehnološke zrelosti / Monitoring parameters of technological maturity. *Hmelj. inf.* 2008; 25(11): 34-36.
- Čeh B., Čerenak A., Radišek S., Rak Cizej M., Zupančič M., Pavlovič M. Klimatske spremembe in hmelj / Climate change and hops. *Hmeljar.* 2011; 73(8/12): 60-63.
- Čeh B., Friškovec I. Hmelj v letu 2006/ Hop in year 2006. *Kmeč. glas.*, 11. okt. 2006. 2006; 63(41): 10.
- Čeh B., Friškovec I. Pridelava hmelja v letu 2007 / Hop production in 2007. *Kmeč. glas.*, 31.10. 2007. 2007a; 64(44): 8.
- Čeh B., Friškovec I. Savinjski golding zrel, Aurora še več kot 80% vlage / Savinjski golding mature, Aurora contains more than 80% moisture. *Hmelj. inf.* 2007b; 24(11): 40.
- Čeh, B., Friškovec, I. Tehnološka zrelost / Technological maturity. *Hmelj. inf.* 2007c; 24(12): 43.
- Čeh B., Friškovec I. Hmelj v letu 2008 / Hop in year 2008. *Kmeč. glas.*, 12.11.2008. 2008; 10.
- Čeh B., Friškovec I. Hmelj v letu 2009 / Hop in year 2009. *Kmeč. glas.*, 2. december 2009. 2009; 66(48): 8.
- Čeh B., Zmrzlak M. Tehnološka zrelost hmelja / Technological maturity of hop. *Kmeč. glas.*, 23. avg. 2006. 2006; 63(34): 9.
- Čeh B., Zmrzlak M. Tehnološka zrelost hmelja / Technological maturity of hop. V: Hmelj - od sadike do storžkov, Čeh B. (ur.), Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Žalec. 2012; 105-107.
- Čerenak A., Košir I.J., Radišek S., Oset Luskar M. Katalog slovenskih sort hmelja, Legenda žlahtne arome / Catalog of Slovenian hop varieties, Legend of the noble flavor. Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Žalec. 2011; 8 s.
- Friškovec I., Čeh B. Savinjski golding - kdaj bomo obirali in kakšen pridelek pričakujemo / Savinjski golding - when will we harvest and what yield we expect. *Hmelj. inf.* 2007; 24(8): 28-29.
- Descriptive list of varieties 2009 / Opisna sortna lista 2009. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, Fitosanitarna uprava RS. 2009; 17-18.
- Oset Luskar M., Friškovec I. Spremljanje parametrov tehnološke zrelosti hmelja / Monitoring the parameters of technological maturity at hop. *Hmelj. inf.* 2012; 28(9): 33.
- Oset Luskar M., Friškovec I. Spremljanje parametrov tehnološke zrelosti hmelja / Monitoring the parameters of technological maturity at hop. *Hmelj. inf.* 2012; 29(11): 36.
- Regulation concerning certification of hop yield and hop products / Pravilnik o certificiranju pridelka hmelja in hmeljnih proizvodov (Ur. list RS, št. 67/2012)



## KARAKTERIZACIJA ETERIČNEGA OLJA SORTE HMELJA BOBEK

Iztok Jože KOŠIR<sup>1</sup>, Janja KLEZIN<sup>2</sup>

UDK / UDC 633.791:665.52:543(045)

izvirni znanstveni članek / original scientific article

prispelo / received: 13. november 2012

sprejeto / accepted: 27. november 2012

### Izvleček

Hmelj je trajna dvodomna rastlina iz družine konopljev. Za proizvodnjo piva je pomemben zaradi svoje grenčice, arome in antimikrobnega učinka, ki vpliva tudi na obstojnost piva. Spojine eteričnega olja hmelja vplivajo na aromo piva v smislu sadne, cvetlične, citrusne, zeliščne in tipično hmeljne note. V raziskavi smo določali količino in sestavo posameznih frakcij eteričnega olja v odvisnosti od časa destilacije. Za vzorec smo izbrali slovensko sorto hmelja Bobek, letnik 2011. Glede na sestavo in aromo celotnega olja ter njegovih frakcij smo sorto Bobek ocenili kot zelo kvalitetno. Za eterično olje Bobka smo ugotovili, da ima prijetno sladk, zeliščni vonj. Najprijetnejši vonj med frakcijami je bil po 60 minutah destilacije - ta je bil svež, zeliščni in sladkast.

**Ključne besede:** hmelj, *Humulus lupulus* L., sorte, Bobek, eterična olja, arome, vonjave, pivovarstvo, analizne metode

## CHARACTERISATION OF THE ESSENTIAL OIL OF HOP VARIETY BOBEK

### Abstract

Hop is perennial dioecious plant classified in the family Cannabinaceae. Because of the bitterness, hop aroma and antimicrobial effect influencing its time stability it is important for brewing industry. Components of hop essential oil tend to provide fruity, floral, citrus, herbal and spicy/woody odours. In our work the quantity and composition of a particular essential oil fractions as a function of distillation time were determined. Selected samples in the research were those of Slovenian hop

<sup>1</sup> Doc. dr., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Cesta Žalskega tabora 2, SI-3310 Žalec, e-pošta: iztok.kosir@ihps.si

<sup>2</sup> Univ. dipl. inž. kem. tehnol., Trojno 3, SI-3270 Laško, e-pošta: janja.klezin@gmail.com

variety Bobek, harvest 2011. Based on the composition and aroma of whole oils and its fractions, variety Bobek was estimated as high quality. For the essential oil of Bobek we found out that it has a pleasant sweet, herbal odour. Most pleasant smell of fractions was at 60 minutes of distillation - it was fresh, herbal and sweet.

**Key words:** hop, *Humulus lupulus* L., varieties, Bobek, essential oils, aromas, odours, brewing industry, analytical methods

## 1 UVOD

Hmelj velja za eno izmed najpomembnejših sestavin pri proizvodnji piva. Pivu daje grenčico in aromo, prav tako pa z antimikrobnimi lastnostmi pozitivno vpliva na obstoj piva. Najpomembnejša pokazatelja kakovosti hmelja sta vsebnost grenkih smol in količina eteričnega olja. Dodajanje hmelja v procesu varjenja je potrebno prilagajati glede na zelen okus in aromo končnega proizvoda. Okus piva je posledica nehlapnih spojin, predvsem izo-alfa-kislin, ki dajejo pivu grenčico, medtem ko je sama aroma piva odvisna od hlapnih komponent eteričnega olja hmelja (Briggs, 2004; Priest, 2006).

Dodajanje hmelja v sladico v različnih časovnih razdelkih omogoča, da pridobimo končni produkt s kvalitetnejšo grenčico in aromo. Za zeleno grenčico dodamo hmelj med vretjem, zaradi lažje izomerizacije alfa-kislin. Za končno aromo piva pa dodajamo hmelj v zadnjih minutah kuhanja ali tik pred filtracijo (Briggs, 2004; Priest, 2006).

Pri dovolj visoki temperaturi (100°C) in zadostnem času kuhanja sladice (1 do 1,5 ure) pride do izomerizacije alfa-kislin v izo-alfa-kislino. Izomerizirane kisline so lažje topne kot alfa-kislino ter dajejo boljšo grenčico pivu. Kasnejše dodajanje hmelja v pivino prispeva k boljši aromi piva, saj pivina med samim kuhanjem izgubi hlapne komponente hmelja. Hmelj lahko med samim postopkom dodajamo na več načinov: direktno v kotel, med kuhanjem sladice, proti koncu kuhanja z dodatkom aromatičnega kultivarja hmelja ali z dodatkom eteričnega olja tik pred koncem kuhanja pivine (Priest, 2006).

Ugotovili so, da eterično olje hmelja sestavlja več kot 400 komponent. Vsebuje tako lahko-hlapne kot tudi težko-hlapne komponente. Komponente, ki sestavljajo eterično olje, uvrščamo v tri skupine: ogljikovodike, spojine s kisikom in spojine z žveplom. Eterično olje hmelja se pridobiva z metodo destilacije z vodno paro. Z analizo eteričnega olja hmelja so 26 komponent, glede na podoben tip arome, razvrstili v pet skupin. Te skupine so: cvetlična, sadna, citrusna, zeliščna in skupina s tipično hmeljno aromo. Vsaka sorta hmelja naj bi vsebovala komponente teh aromatičnih skupin, vendar le nekatere komponente olja v posamezni sorti

prevladujejo (Priest, 2006). Trend pridobivanja eteričnega olja hmelja je iz celotne količine eteričnega olja izolirati posamezno esenco olja, ki bi imela prevladujoč tip arome. Z dodatkom teh posameznih esenc olja k pivu ali k ekstraktu hmelja bi nadomestili izgubljeno olje med kuhanjem pivine ter pridobili pivo z bogatejšo in čistejšo aromo. Prav tako pa bi s takšno analizo olja pridobili natančnejše podatke o pravilnem časovnem hmeljenju v zadnjih minutah varjenja. Glede na to, da je količina porabljenega hmelja v pivu zelo majhna, nima velike vloge pri končni ceni piva, prav zato bi bil proces pridobivanja eteričnega olja iz hmelja smiseln.

Namen našega dela je bila separacija eteričnega olja sorte Bobek z metodo destilacije z vodno paro na posamezne frakcije pri različnih časih destilacije ter določiti količino in sestavo posameznih frakcij. Ker ni podatkov o sestavi frakcij eteričnega olja, pridobljenih z destilacijo z vodno paro po času, je bil cilj raziskave tudi na podlagi pridobljenih rezultatov okarakterizirati posamezne frakcije z ozirom na prevladujoči tip arome. Za pridobivanje hmeljnega eteričnega olja smo uporabljali destilacijo z vodno paro, ki predstavlja najboljši približek dejanskega procesa hmeljenja pri proizvodnji piva.

## **2 MATERIAL IN METODE**

### **2.1 Vzorci hmelja**

Za izvedbo eksperimentalnega dela smo uporabili vzorce storžkov hmelja sorte Bobek, ki so predstavljali povprečni vzorec za to sorto v letu 2011. Vzorci hmelja so bili nabrani v vseh hmeljiščih v Sloveniji. Storžke smo grobo zmleli v kamnem mlinčku, tako zmlete vzorce shranili v aluminijastih vrečkah ter jih vakuumirali. Tako pripravljen hmelj smo do uporabe shranili v hladilni komori pri 0–3°C in v temi.

### **2.2 Določanje vlage hmelja**

Za določevanje vlage v suhem in zmletem hmelju smo uporabili metodo po Analytica EBC 7.2. (Analytica-EBC, 1998). Metoda temelji na določevanju izgube mase vzorca med sušenjem eno uro v sušilniku pri temperaturi 103–104°C.

### **2.3 Določanje količine eteričnega olja v hmelju**

Za določevanje količine eteričnega olja in posameznih frakcij smo uporabili metodo Analytica EBC 7.10. (Analytica-EBC, 2002). Za vse vzorce hmelja smo opravili destilacijo z vodno paro in modificirano frakcionirano destilacijo z vodno paro pri različnih časih. Obe metodi sta potekali na enak način.

Za izvedbo destilacije z vodno paro smo uporabili posušen zmlet hmelj, ki smo mu predhodno izmerili vlago. V 2000 mL destilacijsko bučko z okroglim dnom smo natehtali približno 50 g zmlatega hmelja in dodali 1000 mL demineralizirane vode. Bučko smo postavili v aparaturo z električnim grelom in jo povezali z destilacijskim nastavkom. Čas destilacije je bil 4 h.

#### **2.4 Izvedba modificirane frakcionirane destilacije z vodno paro v odvisnosti od časa**

Ta vrsta modificirane frakcionirane destilacije ne sodi med analitične metode kot klasična destilacija z vodno paro. Njeno izvedbo smo načrtovali sami, z namenom ugotoviti, kako se količina in sestava eteričnega olja hmelja spreminjata s časom destilacije. Modificirano destilacijo smo izvedli enako kot destilacijo z vodno paro, le da smo vzorec destilirane eteričnega olja hmelja vzeli v različnih časovnih presledkih znotraj štirih ur destilacije. Do dveh ur destilacije smo vzorec vzeli vsakih 20 minut, po dveh urah pa vsakih 30 minut, tako smo za en vzorec hmelja dobili 10 frakcij eteričnega olja hmelja. Vsaki posamezni frakciji eteričnega olja vzorca smo določili volumen ter vzorce shranili v hladilniku v epruvetah z obrusom in plastičnim zamaškom. Kadar je bila količina olja tako majhna, da je bil volumen frakcije premajhen za analizo, smo merilni del sprali s 2,5 mL n-heksana ter kasneje za analizo uporabili tako dobljeni vzorec. Količino eteričnega olja v hmelju smo podali kot količino eteričnega olja na 100 g suhega vzorca. Vse vzorce hmelja smo destilirali v paralelkah.

#### **2.5 Določanje sestave eteričnega olja hmelja**

Za analizo sestave eteričnega olja hmelja smo uporabili metodo po Analytici-EBC 7.12. (Analytica-EBC, 2006). Celotno eterično olje in posamezne frakcije olja smo analizirali s plinskim kromatografom HP 5890 A, Hewlett Packard, ZDA. Vzorce smo do analize shranili v hladilniku, zato jih je bilo potrebno pred analizo temperirati na sobno temperaturo. Redčenje vzorcev smo izvedli tako, da smo v epruveto z obrusom (~10 mL) s polnilno pipeto (0,1 mL) odpipetirali 0,1 mL vzorca eteričnega olja in mu z merilno pipeto (5 mL) dodali 2,5 mL n-heksana (Sigma-Aldrich). Epruveto smo pretresli, da se je eterično olje raztopilo v topilu. Zgornjo fazo, ki se je ločila od vode, smo s siringo (10  $\mu$ m) injicirali približno od 1,2 do 1,4  $\mu$ l raztopine eteričnega olja v injektor kromatografa. Temperaturni program je bil sledeč; začetna temperatura 60°C, 1 min, hitrost spreminjanja temperature 2,5°C/min do 190°C, 1 min pri 190°C, dvig temperature 70°C/min do 240°C in 1 min pri 240°C. Temperatura injektorja je bila 180°C, temperatura FID (flame ionization detector) pa 280°C. Uporabljena kolona je bila HP-1, z

dimenzijami  $25\text{ m} \times 0,2\text{ mm}$ ,  $0,11\text{ }\mu\text{m}$ . Nosilni plin je bil dušik, s pretokom  $25\text{ ml/min}$ .

Identifikacijo posameznih komponent smo izvedli s primerjavo retenzijskih časov standardnih spojin z retenzijskimi časi vrhov v kromatogramih.

### 3 REZULTATI IN DISKUSIJA

Preglednica 1 prikazuje imena, oznake komponente eteričnega olja hmelja in retenzijske čase posameznih kromatografskih vrhov. Oznake spojin oziroma zaporedne številke pomenijo oznake kromatografskih vrhov, ki jih uporabljamo na Inštitutu za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije. S pomočjo retenzijskih časov smo lahko natančno določili identiteto posameznih komponent eteričnega olja hmelja. Klasifikacija spojin v posamezne skupine je povzeta po Whittock in sod. (2011).

Količina skupnega eteričnega olja je znašala  $1,54\text{ ml/100g}$  suhega hmelja, medtem ko je količina olja, pridobljena z modificirano frakcionirno destilacijo, predstavljena v preglednici 2 po posameznih frakcijah.

Količina frakcij olja po času destilacije pada. Največja količina olja se izloči v prvih dveh frakcijah po 20 in 40 min destilacije. V preglednici 3 so prikazane povprečne količine komponent eteričnega olja za posamezen tip arome.

Koncentracija sadnega tipa arome pri Bobku po času pada (slika 1). Najvišjo vrednost komponent s sadnim tipom arome sta imeli frakciji po 20 in 60 minutah destilacije ( $11,94$  in  $8,22\text{ }\mu\text{L/100 g}$ ). Najvišji koncentraciji v skupini s sadno noto sta imeli spojina undekanona in metil-deka-4-dienoata. Izo-butyl-izo-butirata in nonanoata sta bila v zelo majhnih količinah ali pa ju celo ni bilo zaznati (preglednica 3).

Najvišja koncentracija cvetličnega tipa arome je bila po 20 minutah destiliranja ( $14,07\text{ }\mu\text{L/100 g}$ ). Najvišji prispevek h koncentraciji cvetlične arome je dala spojina linalol ( $12,83\text{ }\mu\text{L/100 g}$ ) (preglednica 3). Koncentracije cvetličnih komponent skozi čas padajo, le v 60 minuti pride do rahlega odstopanja (slika 2).

Citrusne arome in s tem limonena je bilo največ v 20 minutni frakciji olja ( $2,99\text{ }\mu\text{L/100 g}$ ) (preglednica 3). Koncentracija limonena je skozi čas padala (slika 3).

Najvišja koncentracija zeliščnega tipa arome je bila po 20 minutah destiliranja ( $23,94\text{ }\mu\text{L/100 g}$ ), prav tako pa je bila precej visoka po eni uri destiliranja ( $12,23\text{ }\mu\text{L/100 g}$ ). Spojina beta-pinen je največ prispevala k skupni koncentraciji

zeliščnega tipa arome. Med najnižjimi koncentracijami so bile spojine beta-selinen, gama-kadinen in humulen epoksid II (preglednica 3). Zeliščna koncentracija je med destilacijo padala, vendar z rahlim odstopanjem (slika 4).

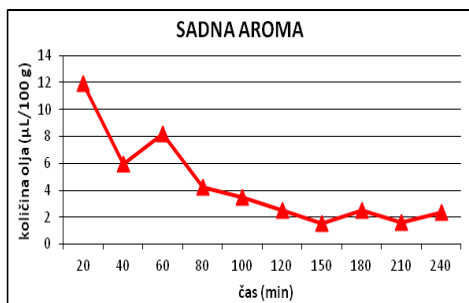
**Preglednica 1:** Prikaz spojin, oznak njihovih kromatografskih vrhov ter retenzijskih časov po posameznih aromatičnih skupinah

**Table 1:** Compounds, their chromatogram peak codes and retention times according to particular aroma groups.

Ime spojine	Retenzijski čas (min)	Oznaka vrha*
<b>SADNE KOMPONENTE</b>		
izo-butil-izo-butirat	5,73	18
2-nonanon	12,19	47
nonanoat	19,25	72
undekanon	22,60	83
metil-deka-4-dienoat	23,67	86
<b>CVETLIČNE KOMPONENTE</b>		
farnezol	43,59	F
linalol	12,80	51
geraniol	20,72	77
<b>CITRUSNE KOMPONENTE</b>		
limonen	9,73	37
<b>ZELIŠČNE KOMPONENTE</b>		
beta-pinen	7,73	28
beta-selinen	32,64	116
alfa-selinen	33,05	118
delta-kadinen	34,46	127
gama-kadinen	34,81	128
humulen epoksid I	37,90	142
humulen epoksid II	40,65	155
<b>HMELJNE KOMPONENTE</b>		
mircen	8,55	30
beta-kariofilen	29,44	104
alfa-humulen	31,20	108
farnezen	31,59	110

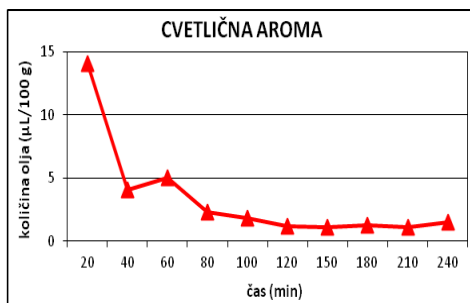
\* Oznake vrhov pomenijo posamezen vrh v GC kromatogramu, kot ga označujemo na IHPS.

Na slikah 1 do 5 so prikazane koncentracije komponent eteričnega olja v odvisnosti od časa destilacije.



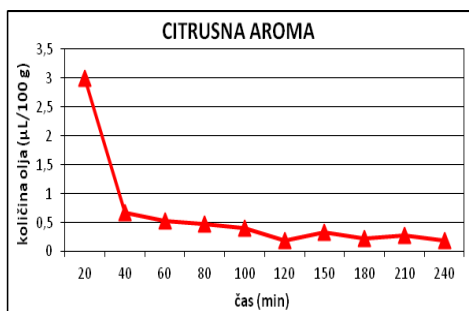
**Slika 1:** Prikaz količin sadnega tipa komponent v odvisnosti od časa destilacije.

**Figure 1:** Quantities of fruit type components as a function of distillation time.



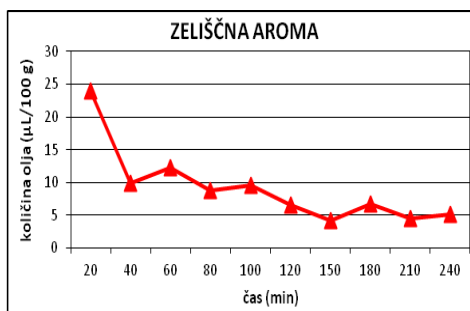
**Slika 2:** Prikaz koncentracij cvetličnega tipa komponent v odvisnosti od časa destilacije.

**Figure 2:** Quantities of flowery type components as a function of distillation time.



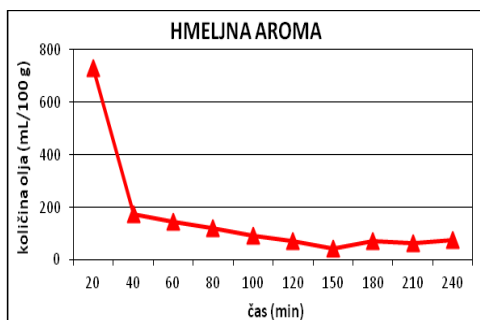
**Slika 3:** Prikaz koncentracij citrusnega tipa komponent v odvisnosti od časa destilacije.

**Figure 3:** Quantities of citrus type components as a function of distillation time.



**Slika 4:** Prikaz koncentracij zeliščnega tipa komponent v odvisnosti od časa destilacije.

**Figure 4:** Quantities of herbal type components as a function of distillation time.



**Slika 5:** Prikaz koncentracij hmeljnega tipa komponent v odvisnosti od časa destilacije.

**Figure 5:** Quantities of hop type components as a function of distillation time.

**Preglednica 2:** Količina eteričnega olja posameznih frakcij (50 g natehta vzorca hmelja)

**Table 2:** Quantity of particular fractions of essential oil (50g hop sample weight).

Čas odvzema frakcije (min)	20	40	60	80	100	120	150	180	210	240
Količina eter. olja (mL/100 g)	0,88	0,24	0,17	0,17	0,11	0,11	0,13	0,11	0,09	0,07

Od vseh tipov arom je prevladovala količina tipično hmeljne arome. V prvih 20 minutah destilacije je imela frakcija najvišjo koncentracijo hmeljne arome (728,22  $\mu\text{L}/100\text{ g}$ ) (preglednica 3). Visoka koncentracija hmeljne arome v prvi frakciji pa je posledica prisotnosti mircena. Koncentracija hmeljnih komponent skozi čas pada (slika 5).

Za celotno eterično olje Bobka smo ugotovili, da ima prijetno sladek, cvetlični in zeliščni vonj. Najprijetnejši vonj med frakcijami je bil po 60 minutah destilacije; ta je bil svež, zeliščni in sladkast.

Verjetno visoke koncentracije sadnih komponent v frakciji po 20 minutah vplivajo na sladek vonj olja pri Bobku. Olje Bobka (5,12  $\mu\text{L}/100\text{ g}$ ) pri 20 minutah ima relativno visoko koncentracijo undekanona. Spojina undekanon daje čist, sladek in mlečni vonj. Verjetno Bobek nima preveč izrazito sladke arome olja zaradi višjih koncentracij citrusne komponente limonen in cvetličnih komponent, še zlasti linalola, ki daje kislo sladek in cvetlični vonj.

#### 4 ZAKLJUČEK

Na podlagi izvedenih analiz in dobljenih rezultatov lahko povzamemo, da se koncentracije komponent, ki sestavljajo skupino arom v smislu sadne, cvetlične, citrusne, zeliščne in tipično hmeljne note skozi čas destilacije z vodno paro zelo spreminjajo. Z uporabo modificirane destilacije z vodno paro po času lahko pridobimo frakcije, pri katerih se spreminja sestava lahko- in težko-hlapnih komponent eteričnega olja in je ves postopek primerljiv s postopkom hmeljenja sladice v pivovarskem procesu.

Sorto Bobek smo na osnovi analiz okarakterizirali kot sorto z izraženo cvetlično in zeliščno aromo, ki pa vsebuje tudi visoko koncentracijo sadnih in hmeljnih komponent.



**Preglednica 3:** Povprečne količine komponent eteričnega olja za posamezen tip arome

**Table 3:** Average hop essential component quantities of particular aroma group.

<b>SADNE KOMPONENTE (μL olja/100 g suhega hmelja)</b>										
<b>t (min)</b>	<b>20</b>	<b>40</b>	<b>60</b>	<b>80</b>	<b>100</b>	<b>120</b>	<b>150</b>	<b>180</b>	<b>210</b>	<b>240</b>
<b>Kom.</b>										
<b>18</b>	0,10	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
<b>47</b>	2,16	0,59	0,11	0,29	0,13	0,00	0,01	0,12	0,05	0,09
<b>72</b>	0,10	0,02	0,03	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,02
<b>83</b>	5,12	2,53	2,77	2,02	1,78	1,19	0,90	1,30	0,85	1,37
<b>86</b>	4,46	2,76	5,30	1,93	1,55	1,30	0,64	1,07	0,69	0,85
<b>Σ<sub>S.K.</sub></b>	<b>11,94</b>	<b>5,94</b>	<b>8,22</b>	<b>4,25</b>	<b>3,46</b>	<b>2,50</b>	<b>1,57</b>	<b>2,49</b>	<b>1,59</b>	<b>2,33</b>
<b>CVETLIČNE KOMPONENTE (μL olja/100 g suhega hmelja)</b>										
<b>t (min)</b>	<b>20</b>	<b>40</b>	<b>60</b>	<b>80</b>	<b>100</b>	<b>120</b>	<b>150</b>	<b>180</b>	<b>210</b>	<b>240</b>
<b>Kom.</b>										
<b>F</b>	0,28	0,31	0,58	0,46	0,35	0,39	0,46	0,56	0,43	0,99
<b>51</b>	12,83	3,48	4,11	1,63	1,25	0,77	0,53	0,54	0,60	0,40
<b>77</b>	0,96	0,31	0,30	0,24	0,21	0,00	0,11	0,13	0,04	0,12
<b>Σ<sub>C.K.</sub></b>	<b>14,07</b>	<b>4,10</b>	<b>4,99</b>	<b>2,33</b>	<b>1,80</b>	<b>1,16</b>	<b>1,10</b>	<b>1,23</b>	<b>1,07</b>	<b>1,51</b>
<b>CITRUSNE KOMPONENTE (μL olja/100 g suhega hmelja)</b>										
<b>t (min)</b>	<b>20</b>	<b>40</b>	<b>60</b>	<b>80</b>	<b>100</b>	<b>120</b>	<b>150</b>	<b>180</b>	<b>210</b>	<b>240</b>
<b>Kom.</b>										
<b>37</b>	<b>2,99</b>	<b>0,68</b>	<b>0,53</b>	<b>0,47</b>	<b>0,40</b>	<b>0,18</b>	<b>0,33</b>	<b>0,22</b>	<b>0,28</b>	<b>0,19</b>
<b>ZELIŠČNE KOMPONENTE (μL olja/100 g suhega hmelja)</b>										
<b>t (min)</b>	<b>20</b>	<b>40</b>	<b>60</b>	<b>80</b>	<b>100</b>	<b>120</b>	<b>150</b>	<b>180</b>	<b>210</b>	<b>240</b>
<b>Kom.</b>										
<b>28</b>	13,44	2,84	1,92	1,57	0,91	0,57	0,26	0,60	0,57	0,44
<b>116</b>	0,55	0,28	0,30	0,26	0,24	0,45	0,08	0,15	0,17	0,19
<b>118</b>	1,65	1,02	1,42	1,12	0,75	0,62	0,57	0,75	0,43	0,82
<b>127</b>	2,84	1,22	1,38	1,42	1,54	1,37	0,91	1,30	1,04	1,86
<b>128</b>	0,19	0,10	0,05	0,06	0,17	0,04	0,08	0,10	0,08	0,14
<b>142</b>	4,69	4,05	6,51	3,83	5,03	2,76	1,75	3,12	1,62	0,65
<b>155</b>	0,58	0,41	0,65	0,57	0,86	0,74	0,46	0,74	0,51	1,09
<b>Σ<sub>Z.K.</sub></b>	<b>23,94</b>	<b>9,92</b>	<b>12,23</b>	<b>8,83</b>	<b>9,50</b>	<b>6,55</b>	<b>4,11</b>	<b>6,76</b>	<b>4,42</b>	<b>5,19</b>
<b>HMELJNE KOMPONENTE (μL olja/100 g suhega hmelja)</b>										
<b>t (min)</b>	<b>20</b>	<b>40</b>	<b>60</b>	<b>80</b>	<b>100</b>	<b>120</b>	<b>150</b>	<b>180</b>	<b>210</b>	<b>240</b>
<b>Kom.</b>										
<b>30</b>	622,94	128,15	94,21	77,98	49,09	32,67	20,26	36,30	36,97	26,14
<b>104</b>	23,05	8,48	10,08	8,70	7,83	6,54	4,71	7,27	5,34	8,76
<b>108</b>	61,99	27,86	31,89	27,24	26,88	23,09	14,37	22,83	16,26	29,34
<b>110</b>	20,24	8,67	9,92	8,49	8,93	7,56	4,17	7,20	5,15	9,87
<b>Σ<sub>H.K.</sub></b>	<b>728,22</b>	<b>173,16</b>	<b>146,10</b>	<b>122,41</b>	<b>92,73</b>	<b>69,86</b>	<b>43,51</b>	<b>73,60</b>	<b>63,72</b>	<b>74,11</b>
<b>(%)<sub>L.O.</sub></b>	<b>89,11</b>	<b>83,96</b>	<b>82,48</b>	<b>83,46</b>	<b>82,73</b>	<b>80,90</b>	<b>76,70</b>	<b>76,96</b>	<b>81,07</b>	<b>74,38</b>

Kot najprijetnejše frakcije olja, pridobljene z modificirano destilacijo z vodno paro pri različnih časih, smo ocenili tiste, ki smo jih pridobili do ene ure destiliranja. Med frakcijami smo izbrali frakcijo po 60 minutah destilacije kot optimalno. Olje je imelo svežo, cvetlično in zeliščno aromo, zato smo kot najoptimalnejši čas za hmeljenje z Bobkom ocenili čas 60 min pred koncem hmeljenja. Bobek bi dal tako varjenemu pivu aromo, ki bi vključevala sladek, cvetlični in zeliščni vonj s citrusno noto.

## 5 LITERATURA

Analytica EBC metoda 7.2, 1998.

Analytica EBC metoda 7.10, 2002.

Analytica EBC metoda 7.12, 2006.

*Briggs D.E., Boulton C.A., Brookes P.A., Stevens R. Brewing: Science and practice.*

Woodhead Publishing Limited in CRC Press, Cambridge. 2004; 863.

Priest F.G., Stewart G.G. Handbook of Brewing, Second Edition. CRC Press in Taylor & Francis Group, London. 2006; 829.

Whitlock S.P., Koutoulis A. New hop (*Humulus lupulus*) aroma varieties from Australia.

Proceedings of the Scientific Commission, International Hop Growers Convention

I.H.G.C. Lublin, Poland. 2011; 10-13.

## MARKET SUPPLY OF HOPS FOR THE GLOBAL BREWING INDUSTRY IN THE THIRD MILLENIUM

Martin PAVLOVIČ<sup>1</sup>, Viljem PAVLOVIČ<sup>2</sup>

UDC / UDK 633.791:663.4:339(045)  
professional article / strokovni članek  
received / prispelo: 29<sup>th</sup> October 2012  
accepted / sprejeto: 20<sup>th</sup> November 2012

### Abstract

Hops are grown in relatively few countries throughout the world and they are a classic international trading commodity on the markets for agricultural produce. The main role on the market plays a global hop balance, i.e. a world demand level of merchants and breweries as well as a supply from hop growers. The article demonstrates some of the main characteristics of the global hop market. For the market supply both hop quantities as well as the brewing value of hops have great importance. Following the statistics from the hop market demonstrated for the first decade of the third millennium it is obvious that hop products represent very important goods in the global hop trade.

**Key words:** hop, hop industry, global market supply, brewing industry, trading, yield, cultivation

## PONUDBA HMELJA SVETOVNI PIVOVARSKI INDUSTRIJI V TRETJEM TISOČLETJU

### Izvleček

Hmelj raste v sorazmerno maloštevilnih državah po svetu, uvrščamo pa ga med tipično blago v prometu mednarodnega trgovanja s kmetijskimi pridelki. Pomemben kriterij trgovanja predstavlja bilanca hmelja, oz. povpraševanje trgovcev in pivovarn ter ponudba hmeljarjev. Članek predstavlja ključne značilnosti svetovnega trga s hmeljem. Za razmere tržne ponudbe sta pomembni tako količina hmelja, kot tudi njegova kakovost oz. pivovarska vrednost. Predstavljene so globalne statistike ponudbe hmelja za časovno obdobje prve

---

<sup>1</sup> Prof. dr., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Cesta Žalskega tabora 2, 3310 Žalec, e-pošta: martin.pavlovic@ihps.si

<sup>2</sup> Dr., Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede Univerze v Mariboru, Pivola 10, 2311 Hoče, e-pošta: viljem.pavlovic@guest.arnes.si

dekade tretjega tisočletja. Iz prikazanega razberemo, da predstavljajo proizvodi iz hmelja pomembno blago mednarodne trgovine.

**Ključne besede:** hmelj, hmeljarstvo, globalna ponudba, pivovarska industrija, trgovanje, pridelek, predelava

## 1 INTRODUCTION

Due to hops' latitudinal sensitivity, production is restricted to those countries situated between the 35<sup>th</sup> and 55<sup>th</sup> parallel north and south of the equator (Barth et al., 1994). Hops are currently grown in about 30 countries world-wide, the majority of which are in the Northern Hemisphere. The international hop market is characterized by a few large players, and a large number of small players. Namely, the world production of hops is dominated by two countries, Germany and the United States of America. They represented jointly in the period analyzed i.e. in the first decade of the third millennium about two thirds of the world hop production. Moreover, as stated by the IHGC, Germany (34,234 tons of hops / 3,600 tons of alpha-acids) and USA (29,707 tons of hops / 4,026 tons of alpha-acids) produced in 2010 already over 75 % of the total alpha-acid quantity worldwide. Given their huge size in the world market they are supposed to be price makers, and any shortage or surplus in their production directly influences international hop prices.

A list of other significant and export oriented EU hop producing countries includes Czech Republic, Slovenia, Poland, UK, Slovakia and France. While some other small sized EU hop producing countries have predominantly their hop industry focused on domestic breweries (Spain, Austria, Belgium and Romania).

On the other hand, only a small proportion of market hops (about 3% of world production) are produced in the Southern Hemisphere (Republic South Africa, Australia, New Zealand) (IHGC, 2012).

## 2 CHARACTERISTICS OF A HOP TRADE

In the hop industry – similarly to the brewing sector and hop trade – we have been noticing the concentration of capital and of the decision-making process for decades. The economic situation within the hop sector is controlled by the production, market and research activities of the global brewing industry. The demand of breweries for more profitable hop varieties, modern processing methods, and storage of hops, as well as the business decisions of the internationally organized hop merchants affect the economy of the hop industry (Čeh et al., 2012).

Hops are a classic international trading commodity on the markets for agricultural produce. Trade between the individual importing and exporting countries is at present relatively free of tariffs and other barriers to trade, as only a few hop-producing countries protect their growers through customs duties.

The main role on the market plays a global hop balance, i.e. a world demand level of merchants and breweries as well as a supply from hop growers. The supply of hops ( $S_x$ ) is determined mainly by the area under cultivation ( $S_1$ ), growing conditions ( $S_2$ ) and the cultivated varieties ( $S_3$ ). On the other hand their demand ( $D_y$ ) depends on the quantity of beer production ( $D_1$ ), the usage rate for hops ( $D_2$ ), trends in consumer preferences ( $D_3$ ) and varying levels of technology employed by the breweries ( $D_4$ ) (Pavlovič, 1997).

Hops can be sold on a contract base or on a spot market. Long term contracts for selling hops are treated as an important instrument to stabilize the market. Forward contracts are a useful means of hedging against price volatility. Unlike spot hops whose price is often unreliable, it is customary nowadays for fixed supply contracts - valid for several years - to be agreed between the hop growers and the hop trade. These contracts bind the two parties to supply or purchase an agreed quantity of hops on a particular variety at a fixed price. In this way price fluctuation on the hop market as well as the production risk are reduced. However, many growers still avoid producing hops on a contract basis. Some of them – predominantly from the East European countries - prefer to play with speculative market situations – producing hops for a spot market (Čeh et al., 2012).

So, to reduce the risk faced by both growers and breweries against fluctuating world prices, the bulk of hops produced world-wide are sold under forward contracts on a fixed price basis for 3-5 years, rarely more, ahead. This means that up to 80% of a farmer's crop could be sold at a price determined, before it is harvested. Thus, between 80 and 90% of all hops globally are sold by way of forward contracts. Any residual quantities, the volume of which depends on the size of the harvest, are sold on the spot market where prices fluctuate considerably according to supply and demand.

In the past, hop supply had predominantly a seasonal nature. However, from the 1980s onwards the hop industry itself increasingly suggested that hop products could also be marketed outside of the usual 6-months period. So in the 1990s extensive refrigerated storage capacities were constructed to deliver quality hops at all times and to market the refrigerated storage of hops as a service. From then on hop products were on hand more or less in fitting quantities, at all times and to the required quality specifications, even without showing considerable signs of ageing.

Hops are a successful product in the global hop trade. However, during the last 60 years the number of hop merchants worldwide has been significantly reduced. In the third millennium, the international hop market is dominated by a small number of large international merchants. They are nearly all German based, with agents in the United States and other parts of the world. Most of the merchants are vertically integrated and own hop gardens to aid their control of the market. The two biggest hop trading houses that are active globally in producing, processing and trading hops (*Joh. Barth & Sohn* and *Hopsteiner*) control over two thirds of the global trade with hops as well as hop products and thus also most of the EU supply. As an example, with a volume of over 156 million EUR, the German hop industry supplied in 2007 breweries in 130 countries (Pavlovič, 2012b).

### 3 BREWING VALUE OF HOPS

Since a brewing industry depends on hops to provide distinctive and proprietary characteristics to beer, a stable supply of high-quality hops is a high priority. Hops take a very small part in the structure of costs in brewing industry (less than 1%). However, to avoid unexpected supply risks main breweries and hop merchants do also have globally their own hop farms worldwide.

In the last decade brewers' demands change, especially following mergers where the policy on which hops are used might be altered. When this happens negotiations are necessary to stop producers from producing unwanted hops, which the brewers would be obliged to buy. Agreements are usually reached to pay a proportion of the price to the growers as compensation (Hopsteiner, 2010).

It is obvious that the topic of beer is of great attention not only to the brewing community but also to the beer consumer, as shown by the various references on this subject. If hop growers want to be competitive in the quality circle, they have to take into consideration standard quality requirements which are set by European Legislation. Hop growers also have to comply with the new requirements, which were induced by global economic, technological, social and socio-economic changes in the last decade, and which are strongly present in hop growing and brewing (Pavlovič, 2012a).

The brewing value of hops is assessed according to the content of bitter substances (alpha-acids), aromatic substances (essential oils), tannin (polyphenols, anthocyanogenes, tannoids), the oxidation state of hops, i.e. the degree of oxidative deterioration of hops during handling and storage, utilization of bitter substances, the quality of bitterness and aroma. Still newer and newer quality requirements are

being set in hop production, linked to consumers' health protection, pesticide residues, nitrates and the presence of heavy metals.

Hops affect flavor stability of beer in various ways, most of them positive; in particular by suppressing typical ageing flavors. Certain mechanisms of action can be supported by the tailored addition of hops. For one thing, it appears to be beneficial to increase the quantity of humulones and polyphenols by means of several doses in the brew house – as this generates a larger quantity of free radical scavengers and radical inhibitors. This results in an intensified hop aroma which aids in the sensory perception of the beer as it ages. The fact that brewery use of hops would increase in the process is, of course, a positive side effect – particularly for the hop industry (De Keukeleire, 1999).

Science and technology development has gradually caused big changes in a hop and brewing industry. Most changes have taken place in: (i) beer production (automatic dosage, additives and hop portion, the time of malt brewing, frequent use of hop products), (ii) hop processing (pellets 90 and 45, hop extracts, isomeric hop products), (iii) hop breeding (changes in the variety structure), (iv) analytical methods, (v) ecological aspects and (vi) health-protective effects on consumers (Pavlovič, 2012b).

For beer brand marks certain hop variety or their mixture are used. The conservative character of beer brewing does not allow many changes in their process. However, with a concentration process in a brewing sector, where merging of breweries appear more and more often, the brew masters' decisions are being replaced by financial experts, who decide also for buying the raw materials (hops). Their prior strategy is not always quality of hops (aroma varieties), but the price of hops or kg of alpha-acids (higher yielding super-alpha varieties). If buying of hops base on a kg of alpha-acid price, than aroma varieties with lower yields are less competitive. The expansion in beer products has created the need for more distinctive hop varieties. The global hop variety list with all - on a market available hop varieties – is yearly updated by the International Hop Growers' Convention ([www.ihgc.org](http://www.ihgc.org)). In this way misunderstandings or a bad business practice could be avoided.

Introducing the HACCP system (Hazard Analysis of Critical Control Points) into a hop industry enables very efficient quality control as far as the consumers' health protection is concerned. Beer is foodstuff and it has to comply with the valid regulations. Breweries have introduced the HACCP system into beer production and they require the same of raw material producers, that is the producers of barley and hop growers (Pavlovič, 2012b).

The HACCP is a preventive system of quality control which does not only ensure the quality of the final product but also the quality of raw material. It makes sure that the yield complies with the specification. So, only by taking all these factors in the “quality circle” into consideration, will a hop grower be able to achieve the brewing value of hops, their market value, a reasonable price and a long-term existence of his hop farm.

The **certification of hops** is another traditional procedure and has intention to declare the hop geographical origin and its quality. This is a fundament of the stable quality supply of beer raw materials. In EU the process is carried out by neutral state institution on a country level (Forster, 2001).

**Table 1:** Hop varieties divided into commercial groups (Source: Joh. Barth & Sohn, The Barth report, Hops 2010/2011)

**Preglednica 1:** Delitev sort hmelja po komercialnih skupinah (Vir: Joh. Barth & Sohn, The Barth report, Hops 2010/2011)

<b>GROUP I:</b> Fine aroma hops	such as Hallertau Mittelfrueh, Hersbruck Spaet, Klon 18, Lubliner, Saazer, SA-1, Spalt, Savinjski Golding, Styrian Golding (Celeia), Strisselspalt, Tettngang.
<b>GROUP II:</b> Aroma hops	such as Aurora, Bobek, Cascade, Cluster, First Gold, Fuggles, Golding, Hallertau Tradition, Mount Hood, NZ Hallertau, Opal, Perle, Saphir, Smaragd, Spalt Select, Sterling, Willamette.
<b>GROUP III:</b> Bitter hops/ High Alpha hops	such as Admiral, Chelan, Chinook, Columbus/Tomahawk/Zeus (CTZ), Galena, Hallertau Magnum, Hallertau Merkur, Hallertau Taurus, Herkules, Kirin Flower, Marco Polo, Marynka, Millennium, Northern Brewer, Nugget, NZ Pacific Gem, Phoenix, Pride of Ringwood, Super Pride, Target, Tsingtao Flower, Victoria, Warrior.

Hops and hop products, as far as they are produced within the European Union, are marketed according to the criteria of variety, growing region and crop year. The certification regulations of the EU assure that hop products can be traced back to the raw hops used and that they are classified correctly according to the aforementioned criteria.

The development of hop products minimized the use of raw hops in breweries mainly due to the considerably improved storability of e.g. pellets and extract. Although this stability is proved in many publications, the crop year is still of great importance when purchasing hop products.



#### 4 MARKET STATISTICS FOR HOPS

As the production of hops is confined to relatively few countries, a considerable amount of hops are traded internationally. Many varieties of hops are traded, with different regions having specific preferences for particular varieties, depending on consumer tastes and existing production. For example, the US growers are traditionally specialized in producing super-alpha hop varieties and therefore the USA imports large quantities of aroma hops. On the contrary, German growers were conventionally focused in aroma hops and thus merchants and breweries in Germany import necessary quantities of bitter or super-alpha hops.

However, for the sake of the existing global competition, growers in both countries act in farm management as entrepreneurs. They are forced to adjust dynamically their farming variety spectrum to changing demands of the global brewing industry.

On the following tables and figures, statistics from the hop market supply are demonstrated for the first decade of the third millennium. From these figures it is evident the importance of the EU hop supply for the brewing industry. In addition, also the dynamics of hop acreage changes is obvious as well.

**Table 2:** Evolution of worldwide hop production area (ha) 2001–2008 (Source: Munisteri et al., 2010)

**Preglednica 2:** Gibanje površin hmeljišč (ha) 2001–2008 (Vir: Munisteri in sod., 2010)

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Europe (EU-27)	36259	34942	33019	33370	31020	29881	30167	31300
Europe (others)	3004	3346	2404	2308	1886	1884	1373	1452
America	14536	11776	11314	11232	11817	11912	12509	15889
Asia	4918	6109	5642	4400	3486	3544	5796	9369
Africa	512	510	503	503	506	438	438	444
Oceania	1176	1288	865	957	852	717	791	831
World	60405	57971	53747	52770	49581	48376	51074	59285



**Figure 1:** Global hop areas 1999 – 2010 in ha (Source: Joh. Barth & Sohn, The Barth report, Hops 2010/2011)

**Slika 1:** Svetovne površine hmeljišč 1999 – 2010 (Vir: Joh. Barth & Sohn, The Barth report, Hops 2010/2011)



**Figure 2:** Global hop production 1999–2010 in metric tonnes (Source: Joh. Barth & Sohn, The Barth report, Hops 2010/2011)

**Slika 2:** Svetovna pridelava hmelja 1999–2010 v tonah (Vir: Joh. Barth & Sohn, The Barth report, Hops 2010/2011)

Furthermore, if we had analyzed a longer time period, this negative trend would have appeared still more obvious. In 1992 for example, there were over 92,000 ha

of hop fields in production worldwide. Such a trend in acreage cutback could be explained by large spreading of higher yielding super-alpha hop varieties from the USA (Columbus/Tomahawk/Zeus, Summit) and Germany (Hallertauer Taurus, Herkules) with over 15% of alpha-acids, as well as by a changing trend of brewing technology using new (isomerized) hop products and reduced hopping ratio in the brewing process. The hopping ratio changed in 10 years from 5.5 in 2001 to 4.1 g of alpha-acids/hl beer in 2010. On the other hand, a quantity of hops produced globally is influenced by hop acreage, hop variety spectrum, production technique and last but not least by weather circumstances.

**Table 3:** Development of acreage and yields of hops worldwide 2001–2008 (Source: Munisteri et al., 2010)

**Preglednica 3:** Prikaz globalnih površin hmeljišč in pridelka hmelja 2001–2008 (Vir: Munisteri in sod., 2010)

		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Acreage (aroma varieties)	Ha	28,069	27,000	25,595	25,903	25,879	25,862	25,583	27,105
Acreage (bitter varieties)	Ha	27,460	25,725	25,064	24,197	22,565	20,212	23,940	26,759
Total acreage	Ha	57,967	55,348	52,203	51,408	48,995	46,095	49,523	53,865
% bitter varieties	%	47.4	46.5	48.0	47.1	46.1	43.8	48.3	49.7
Acreage (new)	Ha	2,438	2,623	1,544	1,362	586	844	1,551	5,420
Yield (aroma varieties)	Kg/ha	1,361	1,448	1,233	1,486	1,636	1,338	1,559	1,706
Yield (bitter varieties)	Kg/ha	2,203	2,911	2,116	2,238	2,265	1,846	2,171	2,426
Yield (all varieties)	Kg/ha	1,703	2,059	1,812	1,802	1,907	1,766	1,815	2,063
Yield of alpha-acids	Kg/ha	149	155	135	164	167	151	165	194
% alpha-acids	%	8.8	7.5	7.4	9.1	8.7	8.5	9.1	9.4
Production (aroma varieties)	Tons	38,212	39,090	31,566	38,504	42,336	34,594	39,893	46,228
Production (bitter varieties)	Tons	60,494	74,892	53,024	54,160	51,106	37,306	51,974	64,912
Total production	Tons	98,705	113,983	94,590	92,655	93,445	81,401	89,866	111,140
Production of alpha-acids	Tons	8,639	8,596	7,023	8,452	8,158	6,956	8,161	10,468

The requirement of hops for brewing beer internationally is very specific in both quantity and quality, while the supply of hops is unpredictable. Therefore there is an extremely inelastic demand for hops with variable supply, which results in shortages and surpluses of specific hops in any given year. World hop production is

cyclic. In the period analyzed an extreme shortage of hops globally appeared in 2007. However, already after the harvest in 2008 - several years of world hop surpluses and depressed spot market prices followed.

## 5 CONCLUSION

Wherever beer is produced around the world, regardless of the type or brand, it is hops which preserve beer, make it bitter and provide its unique hop aroma. Unlike malted barley, which can be supplemented by rice, wheat or maize, hops have no substitute as a raw material for brewing.

The world brewing industry, similar to the global hop sector and hop trade, is facing a trend toward a concentration in capital investment and decision making. The demand for hops world-wide is dependent on beer consumption. In Europe, America and Africa beer consumption is rather stable. In East Asian countries - it is increasing. Furthermore, in 2003 China took the first place in a global beer production that in 2001 globally totaled 1.42 mill hl while in 2010 it reached already a quantity of 1.85 mill hl (Joh. Barth & Sohn, 2011). Supply of hops is assured by the diversity of production centers, which specialize in certain markets. Bitter hops and high alpha hops continue to be the most widely produced varieties worldwide. The production of aroma hops is stepwise decreasing. In 2001 aroma hops represented 39% of the global harvest, and decreased to 37% in 2010. However, an increasing growth of craft breweries in the USA and worldwide - that use predominantly aroma hops - might change this tendency in the future (Pavlovič, 2012b).

Plentiful, quality and healthy hops give pride to the hop grower, are welcomed by the hop merchant and brewer and provide pleasure to the consumer - a beer drinker.

## 6 REFERENCES

- Barth H.J., Klinke C., Schmidt C. Hop Atlas. Hopfen.- Joh. Barth & Sohn, Nürnberg, Germany. 1994; 383 pp.
- Čeh B., Čerenak A., Čremožnik B., Ferant N., Friškovec I., Knapič M., Košir I.J., Leskošek G., Livk J., Majer D., Naglič B., Oset Luskar M., Pavlovič M., Radišek S., Rak Cizej M., Rovan A., Zmrzlak M., Žolnir M., Žveplan S. Hmelj - od sadike do storžkov / Hops - from plant to cones. Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije / Slovenian Institute of Hop Research and Brewing, Žalec, Slovenia. 2012; 135 p.
- De Keukeleire D. Fundamentals of Beer and Hop Chemistry. *Quimica nova*. 1999; 23(1): 108-112.

- Forster A. The quality chain from hops to hop products. In J. Urban (ed.), Proceedings of the Technical Commission on the 48<sup>th</sup> IHGC congress. Canterbury. 2001; 6-10.
- Hopsteiner. Guidelines for hop buying. Hop market review and outlook. S.S. Steiner, Inc., New York, <http://hopsteiner.com/guide2010/mktreview-outlook.html>. 2010. (cited: Sept. 2012).
- IHGC 2012. Various reports of the International Hop Growers' Convention 2001–2010. <http://www.ihgc.org> (cited: Sept. 2012).
- Joh. Barth & Sohn. The Barth reports, Hops 2001-2011. Barth-Haas Group. Nuremberg, Germany, <http://www.barthhaasgroup.com/de/news-and-reports/the-barth-report-hops>, (cited: Sept. 2012).
- Munisteri F., Traon D., Prins H., Pavlovič M. Evaluation of the CAP measures related to hops: final report: Agriculture and Rural Development Directorate - General, Brussels, Belgium. 2010; 148 pp.
- Pavlovič M. Systemanalyse internationaler Hopfenwirtschaft: Entwicklung des Simulationsmodells für die technologisch-ökonomische Analyse auf Hopfenanbaubetrieben in Slowenien. Schriftenreihe Agraria, Studien zur Agrarökologie, Bd 24, Verlag Dr. Kovač, Hamburg, BRD. 1997; 184 pp.
- Pavlovič M. Production character of the EU hop industry. *Bulg. J. Agric. Sci.* 2012a; 18(2): 233-239.
- Pavlovič M. EU Hop industry. Production, organization, policy and marketing. LAP LAMBERT Academic Publishing. AV Akademikerverlag, Saarbrücken. 2012b; 64 pp.

## BASIC CHARACTERISTICS OF HOP PRODUCTION

Martin PAVLOVIČ<sup>1</sup>, Nataša FERANT<sup>2</sup>, Viljem PAVLOVIČ<sup>3</sup>

UDC / UDK 633.791:631.5:663.4(045)  
professional article / strokovni članek  
received / prispelo: 26<sup>th</sup> October 2012  
accepted / sprejeto: 19<sup>th</sup> November 2012

### Abstract

Hops are one of four essential ingredients in beer. Brewing industry requires traditionally its raw materials of a high quality. The production structure in the hop industry sector varies greatly across the EU countries. However, the main production procedures in a hop industry are common since the product is usually offered on a global market. This article summarizes in the main technological aspects of the hop industry from hop planting to its processing – including hop fields characteristics, production works on hop fields, hop harvest and storage of hops.

**Key words:** hop, *Humulus lupulus* L., hop industry, production technology, farm management

## OSNOVNE ZNAČILNOSTI PRIDELAVE HMELJA

### Izvleček

Hmelj predstavlja eno od štirih osnovnih sestavin v pivu. Pivovarstvo ima visok standard kakovosti za vhodne surovine. Struktura pridelave hmelja v državah EU je zelo raznolika, vendar pa je tehnologija pridelave hmelja precej podobna, saj je pretežni del pridelave namenjen izvozu na globalne trge. Članek zgoščeno povzema ključne postopke pridelave hmelja vse od sajenja do predelave – vključno z značilnostmi hmeljišč, tehnološkimi opravili, obiranjem in skladiščenjem hmelja.

**Ključne besede:** hmelj, *Humulus lupulus* L., hmeljarstvo, tehnologija pridelave, kmetijsko podjetništvo

---

<sup>1</sup> Prof. PhD, Slovenian Institute of Hop Research and Brewing, Cesta Žalskega tabora 2, 3310 Žalec, Slovenia, e-mail: martin.pavlovic@ihps.si

<sup>2</sup> MSc, Slovenian Institute of Hop Research and Brewing, Cesta Žalskega tabora 2, 3310 Žalec, Slovenia, e-mail: natasa.ferant@ihps.si

<sup>3</sup> PhD, MSc., Faculty of Agriculture and Life Sciences, Pivola 10, 2311 Hoče, e-mail: viljem.pavlovic@guest.arnes.si

## 1 INTRODUCTION

Hops (*Humulus lupulus* L.) are a specialty crop produced for the female flowers (cones), which either raw or processed, are an essential ingredient in the beer production. Lupulin glands of the hop cones contain soft resins (alpha-acids and beta-acids) and essential oils that impart bitterness, flavor, aroma, foam (head) characteristics, and preservative qualities to beer. The total amount and percentage composition of these compounds vary with variety, region, growing conditions, and production technique. Since the brewing industry depends on hops to provide distinctive and proprietary characteristics to beer, a stable supply of high-quality hops is its high priority. To remain globally competitive, hop and brewing industry must respond to the ever-changing needs of consumers by providing appropriate hops and hop products.

## 2 PRODUCTION IN THE HOP INDUSTRY

### 2.1 Hop plants

Hops are perennial herbaceous plants that climb around a support. Hops are dioecious, i.e. they have either male or female flowers. Only female plants are grown in hop fields, while male plants are not desired, since they may pollinate the female plants. The life expectancy of a hop plantation ranges from 10 to 20 years and depends on growth conditions, the variety and treatment methods. Botanically, the hop species belong to *Cannabaceae* family.

A hop plant consists of underground vegetative parts and parts above ground with vegetative and generative organs. The parts above ground wither at the end of each growing season, leaving only underground parts to overwinter. These are the rhizome or stump and the main and lateral roots.

The parts of the hop plant above ground include the stem (bine), leaves, lateral shoots and flowers. When the bine reaches around 50 centimeters in height, it gains the ability to climb. The bines climb by winding clockwise around the support whereby using hooked hairs.

The color of the bine ranges from green to red, depending on the variety and phenophase. A hop bine can grow to a height of 7 to 9 meters. When the plant reaches the top of its support, lateral shoots sprout out. Cones develop from lateral shoots. The leaves on the stem and horizontal sprouts are distributed evenly and are found opposite each other. Older leaves are mainly three- or five-patched, while its

edges are mainly coarsely toothed. The surface of the leaves is hairy, while the color varies from light to dark green.

Its generative organs include male flowers, which are small and joined into grape-like flower clusters, and female flowers, which grow mainly in clusters. A cone is a mature female inflorescence, 20 to 30 millimeters in size, depending on the variety. In nature, it also contains developed seeds, which, however, is undesirable in hop growing. At the bottom of cover leaves and bracts, lupuline glands are formed that contain essential oil, bitter resins and tannins. Cones are the only commercial products for the brewing industry (Čeh et al., 2012).

## 2.2 Hop trellis - wirework

The main support for a hop plant is a **wirework**. There is a string attached to the wire around which the plant climbs. The main parts of the wirework are wooden or concrete poles, the wire netting and anchors. These are set up on flat terrain and are rectangular in shape. It is very important to carry out regular maintenance works on wires, as this reduces the possibility of the wires collapsing and prolongs their lifespan. Anchors, attached to trellis cables, surround the yard and hold the trellis upright under the weight of the developing crop. Plant spacing depends mostly on hop variety and growing area, with 2.4 to 3.2 m row distance and about 1.1 to 1.7 m between plants within rows. The height of the wires in traditional hop fields range from 6 to 7 meters (Pavlovič, 2012a).

## 2.3 Production procedures on hop fields

In the spring, before pruning, the soil that covers hop plants is partially removed. Care is required so that the roots are not injured or even ploughed out. Soil can also be removed simultaneously with pruning, thus rationalizing production. The mechanical equipment for soil removal is connected to the front part of the tractor, while the cutter is in the back (Čeh et al., 2012).

**Pruning** (cutting) is one of the most important agro-technical measures in hop production. During pruning, one-year-old wood is removed and, with it, the redundant eyes developed on it. By pruning, we may control the dynamics of plant growth and development (by prolonging the start of the growth). In addition, we manage infections with plant diseases as well as the level of crops. The beginning of pruning depends on environmental conditions and the characteristics of the hop variety. As a rule, too early or too late pruning results in lower yield or lower quality (Anon., 2011).



By **stringing** (twining) a necessary support for hop plants in the field is provided before the hops sprout. To support hops, various types of training strings are used worldwide (metal, coir i.e. coconut fiber, polypropylene or even paper). A crew using tractor-drawn elevated platforms tie the twine to overhead trellis wires and secure the lower end of the twine near main roots of hop plants.

**Training of bines** onto strings is an agro-technical measure that substantially influences the quantity and quality of the crop. It is done exclusively by hand and requires entirely individual work with plants. This work stage includes the process of picking out the sprouts and winding them onto strings clockwise. By doing this, we can considerably correct mistakes made when pruning.

In order for the hop plants to obtain adequate nutrients, hops have to be **fertilized** appropriately during their growth and development. By fertilizing, adequate amounts of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, sulphur and magnesium are added. Micronutrients, if needed, are ordinarily applied to the plants foliarly. This means that hops are fertilized with a solution of fertilizer sprayed over the leaves. Fertilization with organic manure improves the structure of the soil. This also enhances the capacity of the soil to retain moisture, the aeration of the soil is better and the temperature regime of the soil is balanced (Čeh et al., 2012).

**Irrigation** is unavoidable agro-technical measure in a hop growing. Proper irrigation requires regular monitoring of the soil moisture content in hop fields. Drip irrigation is the predominant method used to provide water to hop plants, along with movable sprinkler methods. Both irrigation techniques have their strengths and weaknesses. However, drip irrigation has an important advantage in smaller consumption of water and rationalization of labor work (Čerenak et al., 2002; Čeh et al., 2012).

Diseases and pests are controlled by applying **plant protection** products. The primary goal behind this is a careful, economical and environmentally acceptable application of appropriately prepared chemical preparations onto targeted areas in order to reduce any negative consequences to the largest possible extent. Therefore, spraying has been carried out in the hop industry according to prognosis for over twenty years. Plant protection products are applied using sprinklers. To spray hops, classical pulling axial sprinklers are most often used that can have two types of nozzles built in: the classical whirling and the latest nozzles for reducing the application of plant protection products (Darby, 2010; Čeh et al., 2012).

## 2.4 Hop harvest

Hop harvest (apart from training of hop bines) represents the second working peak in hop production and starts when hops are technologically ripe. This is when the cones have the highest content of alpha-acids, reach their maximum length and mass as well as their typical structure of essential oils, thus ensuring quality machine picking. Technological ripeness in hops depends on the variety, technological measures and weather conditions during the growth period and on soil attributes. This happens at the end of August or in beginning of September. Hop picking is divided into three procedures: harvesting the crop in the field, transporting the plants to the picking machine and harvesting the crop at a picking machine. In the hop field, plants are cut and torn together with guides from the supporting strings of the wire, allowing them to fall onto the loading attachment pulled by the tractor in the direction of plant picking. Plants are cut mechanically, in some cases also by hand. Cutters cut the plants at the height of 120 to 150 cm above ground.

At the picking machine, bines are inserted in the grips of the inserting track. Plants are put in with the cut-off part first. The cleaning part of picking machines consists of a ventilation and conveyor belt component. The role of the ventilator is to remove the major part of the leaf mass from the cones. Sorting conveyor belts then separate the remaining leaves, parts of stems and other parts from the cones. Sorting conveyor belts require that the plant mass enter evenly, with such layer thickness that still allows the cones to roll. According to this principle, the separation of cones from other plant components takes place on sorting conveyor belts.

Picking machines must operate as flawlessly as possible. Machines have to be cleaned regularly during picking and adapted to the variety of the hop and weather conditions. This way, the share of damaged cones and other components is decreased. When operating - a picking machine and safety at work should be observed at all times (Čeh et al., 2012; Pavlovič, 2012b).

## 2.5 Drying and moisturizing hops

Drying and moisturizing hops are the final technological stages in hop production. Through incorrect or inaccurate drying and moisturizing, we can actually destroy the quality of hops in merely half an hour. Technologically mature hops contain between 77 and 80 % of moisture. While drying, moisturizing, loading and storing hops, care is to be taken primarily to preserve the quality of hops and reduce energy consumption. Hop dryers are either multi-storey or conveyor-belt dryers.

Multi-storey dryers achieve a better utilization rate of thermal energy and have a larger capacity of drying per surface unit of the drier.

In order to achieve the optimal storage durability, cones have to be dried to the moisture content ranging between 9 and 11 %. Hop varieties differ from one another in physical, chemical and morphological properties of cones. The flow of the drying air can be regulated with the thickness of the poured layer of hop. During the drying process, hops must not be heated to temperatures exceeding 60°C. Higher temperatures may cause accelerated evaporation of easily evaporative essential oil components or a disintegration of bitter ingredients, in extreme cases also a change in the color of lupuline. After about six hours of drying, when hops are technically dry, the moisture content is between 8 and 9 %.

Since it is difficult to remove the moisture from the spindle, hops have to be over-dried during the drying process. Over-dried hops crumble easily and are, as such, not suitable for packaging. The purpose of moisturizing is to restore elasticity to the cone and hop moisture to the desired 9 to 11 %. Hops can be moisturized on a pile, with a conveyor belt moisturizer or in a chamber. The latest variations of moisturizing chambers are automated (Anon., 2011).

## **2.6 Storage of hops**

Packing dry hops according to the market demands is the final task. Properly moisturized hops can be “stuffed” into RB-60 “cube” bags or “bale” production bags. Only properly moisturized hops can be “stuffed”. Hops that are too dry will crumble, while hops that are too damp will go moldy. Such hops are technically useless and have no market value.

If hops are stuffed into “cubes”, attention must be paid to the moisture content of the hops, which is to be 9 %, because hops are more compressed in these bags and, therefore, more prone to harmful influences. A properly filled RB-60 bag should weigh 60 kg. Hops that are filled in the production bag (“bale”) are moisturized to between 10.5 and 11.0 %. A properly filled (“stuffed”) production bag weighs between 50 and 70 kg. Irregularities in the storage of hops can also influence the quality of the produced hops.

A storage room that is not selected properly affects the increase of moisture in the hop, resulting in a lower microbiological stability of hops. The storage room must be dark, cold and dry. The relative humidity of the air in the storage room cannot exceed 65 % if hops are to retain 11 % of moisture (Pavlovič, 2012b).

### 3 CONCLUSIONS

Wherever beer is produced around the world, regardless of the type or brand, it is hops which preserve beer, make it bitter and provide its unique hop aroma. Unlike malted barley, which can be supplemented by rice, wheat or maize, hops have no substitute as a raw material for brewing. Furthermore, to suit various brewing industry requirements, research programs in hop breeding, hop physiology, production and processing of hops into hop products and quality management, used to be intensified during the last few decades. However, in spite of many improvements such as development of new hop varieties, modern growing techniques, implementation of new plant protection measures, nowadays even some of the biggest and the most respectable hop research organizations are faced with the plain endurance and share the future of farmers.

Plentiful, quality and healthy hops give pride to the hop grower, are welcomed by the hop merchant and brewer and provide pleasure to the consumer - a beer drinker.

### 4 REFERENCES

- Anon. Hopfen 2011. Anbau, Sorten, Düngung, Pflanzenschutz, Ernte. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, LfL Pflanzenbau, Wolnzach. 2011; 119.
- Čeh B., Čerenak A., Čremožnik B., Ferant N., Friškovec I., Knapič M., Košir I.J., Leskošek G., Livk J., Majer D., Naglič B., Oset Luskar M., Pavlovič M., Radišek S., Rak Cizej M., Rovan A., Zmrzlak M., Žolnir M., Žveplan S. Hmelj - od sadike do storžkov / Hops - from plant to cones. Slovenian Institute of Hop Research and Brewing, Žalec, Slovenia. 2012; 135.
- Čerenak A., Dolinar M., Ferant N., Friškovec I., Knapič M., Knapič V., Košir I., Kovačevič M., Majer D., Pavlovič M., Rode J., Simončič A., Šuštar-Vozlič J., Virant M., Zmrzlak M., Žolnir M. Priročnik za hmeljarje / Manual for hop growers. Majer D. (ed.), Slovenian Institute of Hop Research and Brewing, Žalec, Slovenia. 2002; 248.
- Darby P. The English hop industry. Proceedings of the 47<sup>th</sup> Hop seminar of the Slovenian Institute of Hop Research and Brewing, Portorož, Slovenia. 2010; 115-120.
- Pavlovič M. Production character of the EU hop industry. Bulg. J. Agric. Sci. 2012a; 18(2): 233-239.
- Pavlovič M. EU Hop industry. Production, organization, policy and marketing. LAP LAMBERT Academic Publishing. AV Akademikerverlag, Saarbrücken. 2012b; 64.

## UPORABA NAVADNEGA PROSA (*Panicum miliaceum* L.) V PREHRANI IN MOŽNOST VKLJUČEVANJA NA HMELJIŠČA V PREMENI

Darja KOCJAN AČKO<sup>1</sup>

UDK / UDC 633.171:612.39:303.833.3(045)

strokovni članek / professional article

prispelo / received: 3. oktober 2012

sprejeto / accepted: 19. november 2012

### Izvleček

Namen raziskave je oživiti pridelavo navadnega prosa (*Panicum miliaceum* L.) v Sloveniji s poudarkom na poljedelsko-živinorejskih kmetijah v Spodnji Savinjski dolini, kjer je glavna slovenske pridelave hmelja (*Humulus lupulus* L.). Vse kaže, da se bo zaradi slabe prodaje hmelja na svetovnem trgu premena v hmeljiščih podaljševala, zato je treba v času premene poskrbeti za sklenjen in čim bolj biološko uravnotežen kolobar, v katerem je lahko tudi proso. Proso v pridelavi in prehrani obravnava vse več novejših znanstvenih raziskav. Pomen in uporabo prosa v prehrani smo preverili pri anketiranih študentih in kmetijskih svetovalcih, ki smo jim za pokušino ponudili proseno mlečno kašo, jed, ki je bila v preteklosti pogosto osnovno živilo naših prednikov. Pri dveh skupinah anketirancev z vseh območij Slovenije smo ugotovili nepoznavanje slovenskih etničnih jedi iz prosa in njihovo odsotnost v prehrani; 42 % študentov in 21 % kmetijskih svetovalcev še ni nikoli poskusilo prosene mlečne kaše oziroma drugih jedi iz prosa. Pokazalo se je, da sta obe skupini anketiranih zelo ugodno ocenili okus prosene mlečne kaše, kar je spodbudilo njihovo razmišljanje o repozicioniranju prosa na njive, na jedilnike in v krmišča. Cilj raziskave je razširiti znanje o pridelavi in uporabi ter s pokušinami jedi iz prosene kaše pridobiti pridelovalce in uporabnike prosa.

**Ključne besede:** hmeljarstvo, premena, navadno proso, *Panicum miliaceum*, kolobarjenje, anketiranje, študenti, kmetijski svetovalci, prehrana, pokušina, prosena mlečna kaša

---

<sup>1</sup> Doc. dr., univ. dipl. inž. agr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: darja.kocjan@bf.uni-lj.si

## USE OF PROSO MILLET (*Panicum miliaceum* L.) IN HUMAN NUTRITION AND POSSIBILITIES FOR INTEGRATION ON HOP GARDENS IN STRANDS

### Abstract

The purpose of the research is to review the production of proso millet (*Panicum miliaceum* L.) in Slovenia, with a focus on arable and livestock farms in Spodnja Savinjska dolina, where the majority of Slovenian hop (*Humulus lupulus* L.) production is. Everything indicates that the poor sales of hop on the world market in the last years will lengthen strand on hop fields. It is therefore necessary to take care for complete and as much as possible biologically balanced crop rotation in the time of strands. More and more recent studies discuss about proso millet in production and nutrition. The meaning and the use of proso millet in the nutrition was checked at surveyed students and agricultural consultants, that we offered milky millet porridge for tasting; a dish that was in the past often a basic food. In the two groups of surveyed from all regions of Slovenia, we found out the lack of knowledge of Slovenian ethnic dishes of millet and its absence in the nutrition; 42% of students and 21% of agricultural consultants have never tried milky millet porridge and other millet dishes. It appeared that both groups of surveyed had very favourable opinion about the taste of millet milk porridge, which encouraged their thinking about repositioning of the millet on fields and menus. The goal of research is to extend the knowledge about the production and the use, and obtain millet growers and users with tasting of dishes from millet porridge.

**Key words:** hop production, strands, proso millet, common millet, *Panicum miliaceum*, crop rotation, surveys, students, agricultural consultants, tasting, milky millet porridge

### 1 UVOD

Od približno 1797 hektarjev hmeljišč v Sloveniji je bilo v letu 2012 zasajenih s hmeljem (*Humulus lupulus* L.) približno 1159 hektarjev (okoli 250 hektarjev manj kot v letu 2011) (Fortuna in Tavčar, 2012), zato je vse več hmeljišč v premeni (638 ha), na katerih je treba organizirati biološko uravnotežen in fitosanitarno sprejemljiv kolobar (Kocjan Ačko, 2010). Slaba prodaja domačih presežkov hmelja (več kot 90 % pridelanih storžkov) na svetovnem trgu v zadnjih letih je vzrok, da se bo premena v hmeljiščih še podaljševala. Glavne posevke v premeni, kot so žita (koruza, ječmen, pšenica, tritikala, rž, oves), visoki fižol, zelje, oljna ogrščica, deteljno-travne mešanice, lucerna in mnogocvetna ljuljka lahko dopolnimo z dosevki (Rožič-Plazovnik in sod., 2008; Kocjan Ačko, 2010). Za uporabo v prehrani ljudi in za krmo domačih živali je zanimivo navadno proso (*Panicum miliaceum* L.), ki je bilo razširjeno na območju Slovenije od srednjega veka pa do

sredine 20. stoletja kot osnovno živilo kmečkega in meščanskega prebivalstva. Največ so ga pridelovali na Gorenjskem in v Prekmurju (Sadar, 1949; Kocjan Ačko in Potočnik, 1999). Iz otroških let (sredina 20. stoletja) se ga spomnijo tudi kmetje, današnji pridelovalci hmelja v Savinjski dolini (osebna informacija). Ker je generacijski prenos znanja o pridelavi in uporabi prosa v prehrani ljudi in domačih živali oslabil, je izhodišče ponovne pridelave ozaveščanje porabnikov o prosu z izobraževanji in pokušinami (Kocjan Ačko, 2012a in b; Kocjan Ačko in Šantavec, 2012). Kmetovalci se bodo morali seznaniti z biološkimi in agrotehničnimi posebnostmi pridelave prosa, specifičnimi lastnostmi sort, časom vključevanja prosa v njivski kolobar bodisi pri setvi v maju (kot glavni posevek) ali pa po žetvi ozimnega ječmena in drugih zgodnjih poljščin, da ne ostanejo njive čez poletje neposejane. Rezultati raziskave Kocjan Ačko in sod. (2012), v kateri smo preučevali vpliv časa in gostote setve na pridelek prosa avtohtone sorte Sonček na poskusnem polju Biotehniške fakultete, so pokazali, da so bili v letih 2009 do 2011 značilno večji pridelki pri prvem in drugem roku setve (začetek junija in začetek julija) pri gostoti 500 kalivih semen/m<sup>2</sup> v primerjavi s setvijo sredi julija (tretji rok) z 250 in 370 kalivimi semeni/m<sup>2</sup>.

### 1.1 Pomen prosa v sodobni prehrani

Odkar je Hipokrat (460-380 pr. n. št.), grški zdravnik s Kosa in oče moderne medicine, izrekel znano misel "naj bo hrana zdravilo in zdravilo naj bo hrana", smo ljudje začeli prepoznavati in priznavati potencialno zdravilne lastnosti živilom, med katerimi je znano tudi proso (Sadar, 1949; Kocjan Ačko in Potočnik, 1999; Kocjan Ačko, 1999; Martin in sod., 2006; Elzebroek in Koop, 2008; Kocjan Ačko, 2012a). Ljudski zdravilci so ga kot živilo uporabljali pri zmanjševanju in odpravljanju prehladnih obolenj, pri težavah s srcem in ožiljem, pri presnovnih motnjah, želodčnih in črevesnih obolenjih, pri kožnih boleznih in pri starostnih težavah (Willfort, 1976). Izkustvene lastnosti so preverili s kemično analitiko in ugotovili, da je v 100 gramih prosenega zrnja približno 500 do 600 miligramov silicijeve kisline (H<sub>4</sub>SiO<sub>2</sub>), podobno kot v ovsu, vendar več kot v drugih žitih in zelenjavi (Weinhofen, 2004). Pionirka pri znanstvenem raziskovanju silicijevih spojin dr. Edith Muriel Carlisle (1922-1997) je že leta 1972 dokazala, da je silicij esencialen element za človeški in živalski organizem, pomemben pri transportu kalcija, ki daje prožnost hrustancem in trdnost kostem (Carlisle, 1970 in 1972), vendar so ostale njene ugotovitve še precej časa prezrte. Šele proti koncu 20. stoletja so z znanstvenimi raziskavami potrjeni številni ugodni vplivi prehrane s prosom na človeški organizem (Mallehi in Hadimani, 1993; Bravo, 1998). Weihofen (2004) navaja pomen silicija pri izgradnji beljakovinskih snovi, kolagena, pri krepitvi vezivnih tkiv, kit, kosti, nohtov in las. Znaki pomanjkanja so prezgodnja starost, nagubanost, smrdljivo potenje, krhki nohti in lasje, tanka prosojna koža, oči občutljive na svetlobo, suha usta, izrazijo pa se lahko tudi na

psihični ravni z občutki nemira, strahu in nepopustljivosti. Izvlečki iz zrnja, kot so kremenčeva kislina in maščobne kisline, so v številnih novih kozmetičnih izdelkih za obnavljanje kože, ohranjanje čvrstosti mehkih tkiv, las, nohtov in kosti (Henning, 2005).

Po biokemični sestavi se proso razlikuje od drugih žit tudi po višji vsebnosti esencialnih aminokislin, kot so lizin, metionin, cistin in triptofan, ki jih primanjkuje v zrnju koruze, sirka, pšenice in riža (Kalinova in Moudry, 2006; Black in sod., 2008). Ker med beljakovinami v prosu ni glutena, se v razvitih državah povečuje zanimanje za proseno zrnje tudi zaradi priprave dietetičnih živil za bolnike s celiakijo (Nishizawa in sod., 2002). Celiakija ali glutenska enteropatija je poškodba sluznice začetnega dela tankega črevesa (Slovensko ..., 2012). Zaradi preobčutljivosti na gluten, ki je netopna beljakovina (največ jo vsebuje zrnje pšenice), se morajo bolniki s celiakijo držati stroge diete pri izbiri živil in so navadno celo življenje prehransko odvisni od brezglutenskih izdelkov, ki so dražji od običajnih in zvečine uvoženi. Yanez in Walker (1986) ter Bookwalter in sod. (2006) so preučevali proseno in druge neglutenske moke, ki jih peki uporabljajo za neglutenske pekovske izdelke. Zarnkow in sod. (2010) so opisali postopek slajenja prosenega zrnja, iz katerega v nekaterih pivovarnah varijo pivo za uporabnike, ki si običajnega piva iz ječmenovega sadu ne smejo privoščiti.

V sodobni prehrani je dobilo proso mesto med funkcionalnimi živili (sočasno hrana in zdravilo), ki preprečujejo nastanek različnih civilizacijskih bolezni (rak, diabetes, infarkt) in deficitarnih bolezni, kot je pomanjkanje silicija (Weihofen, 2004). Nutricionisti opozarjajo porabnike, da zahteve funkcionalne hrane izpolnjuje le prosena kaša kuhana v vodi, sama ali skupaj z zelenjavo, ne pa tudi druge vrste kaše, obogatene z maščobami in sladkorji.

Namen raziskave je približati proso pridelovalcem, zlasti hmeljarjem na poljedelsko-živinorejskih kmetijah v Spodnji Savinjski dolini, da ga bodo v prihodnje vključevali v njivski kolobar na hmeljiščih v premeni. S predavanji o pridelavi in uporabi prosa, anketami in pokušinami prosene mlečne kaše smo želeli pritegniti zanimanje za proso pri študentih in kmetijskih svetovalcih tako, da bodo ti postali pobudniki širjenja znanja o pridelavi in uporabi prosa po Sloveniji. Cilj raziskave je oživiti uporabo prosa v zdravi prehrani ljudi vseh generacij, pri krmljenju domačih živali in ljubiteljskem krmljenju notranjih in zunanjih ptic.

## 2 MATERIAL IN METODE DELA

Anketo študentov o prosu s poudarkom na poznavanju prosenih jedi, zlasti mlečne kaše (devet vprašanj zaprtega in odprtega tipa) je januarja 2012 pred predavanjem o pridelavi in uporabi prosa izpolnilo 36 študentov agronomije z vseh območij



Slovenije. Oceno prosene mlečne kaše smo dobili s pomočjo pokušine, ki smo jo izvedli med izpolnjevanjem ankete.

Maja 2012 so v okviru delavnice Okoljsko sprejemljive in okolju prilagojene tehnologije pridelave poljščin in koriščenja travinja v Sloveniji podobno anketo izpolnili kmetijski svetovalci iz vseh območij Slovenije, z izjemo Prekmurja (objektivno odsotni). V okviru ankete so dobili v pokušino dve vrsti kaše, in sicer proseno mlečno kašo in proseno mlečno kašo s suhimi slivami.

Kašo za študente smo pripravili v laboratoriju za poljedelstvo Oddelka za agronomijo, obe kaši za svetovalce pa v laboratoriju za vrednotenje živil Oddelka za živilstvo. Kilogram kaše smo oprali in odcedili. V petlitrski posodi smo zavreli vodo (toliko, da je bila pozneje kaša pokrita) in jo rahlo osolili (žlička soli). V vrelo vodo smo stresli oprano kašo, dodali dva litra toplega mleka in žlico sladkorja ter kuhali na zmernem ognju. Mleko (1,5 do 2 l) smo dodajali med kuhanjem in mešali, da se kaša ni prijela dna posode. V kuhano mlečno kašo (20 do 25 minut) smo dodali še približno 120 g masla in 1/4 l sladke smetane ter dobro premešali. Pri kuhanju prosene mlečne kaše s suhimi slivami smo uporabili isti postopek, le da smo proti koncu kuhanja zamešali izkoščičene suhe slive, ki smo jih pred tem namočili in narezali na četrtine.

Odgovore obeh anket smo vrednotili z metodami opisne statistike in s programom Excel ter rezultate primerjali med seboj ter z anketo potencialnih uporabnikov iz leta 2011, vendar brez pokušine (Kocjan Ačko, 2012a).

Stališče do pridelave prosa na hmeljiščih v premeni smo oblikovali v pogovoru s hmeljarjem ter dobrim poznavalcem pridelave in uporabe prosa v Savinjski dolini v preteklosti. Za pravilno umestitev prosa na hmeljišča v premeni smo pripravili nekaj vzorčnih primerov biološko uravnoteženih in fitosanitarno sprejemljivih vrstilnih kolobarjev, v katerih je proso glavni ali strniščni posevek (Šadar, 1961; Kocjan Ačko in Šantavec, 2010; Kocjan Ačko, 2010).

### **3 REZULTATI Z DISKUSIJO**

#### **3.1 Rezultati ankete študentom o proseni kaši**

Z analizo ankete 36 študentov (72 % žensk in 28 % moških) starih 20 do 24 let smo ugotovili slabo prepoznavnost jedi iz prosa, ne glede na območje stalnega bivališča. Od некоč razširjenih etničnih jedi (prosena mlečna kaša, češpljeva kaša, medla, loška smojka, prtene klobase ali krvavice, godla, bujta repa) je študentom najbolj znana jed mlečna kaša. Čeprav je kar 42 odstotkov študentov napisalo, da kaše še niso jedli, se vsi spomnijo pojma mlečna kaša iz slovenskih književnih del,

zlasti Levstikovega verza "mlečna kaša, mati naša in otročja sladka paša" in Stritarjevega opisa večerje v Deveti deželi: "Kaj je bilo v skledi? Mlečna kaša, prav zares mlečna kaša, otročja paša. Dopovedati ne morem, kako dobro mi je to delo, kako z veseljem sem zajemal lepo rumenkasto kašo, ki se mi je tako prijazno smejala".

Študentje, ki se prehranjujejo s proseno mlečno kašo in z drugimi jedmi iz prosene kaše, jo vključujejo v jedilnik nekajkrat letno (86 % študentov) oziroma enkrat mesečno (14 % študentov). Večina od njih, to je 57 %, kupujejo kašo v trgovini, 33 % na sosedomi oziroma na bližnji kmetiji, 5 % v mlinu, doma pa jo pridelujejo le na eni kmetiji. Agrotehnika pridelave prosa je bila pred predavanjem enako neznana anketiranki, ki živi na kmetiji, kjer pridelujejo proso, v primerjavi z drugimi študenti, ki te možnosti nimajo. Za izvor kaše se do zdaj ni zanimal nihče, večina pa jih meni, da je kaša iz trgovske ponudbe uvožena, kar pa verjetno drži le deloma. Poleg domačih mlinških podjetij, ki kupujejo kašo pri peščici slovenskih pridelovalcev, so na policah tudi tuja pakiranja.

Pokušina prosene mlečne kaše, ki smo jo izvedli v okviru ankete, je pokazala, da so študentje ocenili jed ugodno - z ocenama dobro in prav dobro (39 % študentov), z oceno odlično pa je jed ocenilo 22 % študentov. Večina (83 %) anketiranih študentov meni, da bo prosena mlečna kaša v prihodnje bolj pogosto na njihovem jedilniku, 11 % jih je ostalo neopredeljenih (obkročili so alinejo mogoče), 6 % pa se jih tudi v prihodnje ne bo prehranjevalo s proseno mlečno kašo oziroma z drugimi jedmi iz prosa.

### **3.2 Rezultati ankete kmetijskim svetovalcem o proseni kaši**

Z analizo ankete 28 kmetijskih svetovalcev (61 % žensk in 39 % moških), starih 28 do 58 let, smo ugotovili srednje dobro prepoznavnost jedi iz prosa, čeprav je kar 21 odstotkov svetovalcev napisalo, da se ne spomnijo, da bi jo v preteklosti pokusili. Poleg mlečne kaše so jim bile znane nekoč razširjene etnične jedi, kot so češpljeva prosena kaša, fižolova prosena kaša, krompirjeva prosena kaša, oženjena kaša (prosena in ajdova), prepečena prosena kaša, proseni močnik, medla, loška smojka in prtene klobase ali krvavice, godla in bujta repa. Nihče ni poznal droži iz prosene moke in sadnega mošta kot nadomestilo za kvas.

Svetovalci, ki se prehranjujejo s proseno mlečno kašo in z drugimi jedmi iz prosene kaše, jo vključujejo v jedilnik nekajkrat letno (64 % svetovalcev), enkrat mesečno (32 % svetovalcev) in tedensko (4 % svetovalcev). Večina od njih (55 %) kupujejo kašo v trgovini, 41 % pri kmetu, 4 % v mlinu, doma pa prosa ne prideluje nihče. O izvoru prosene kaše po trgovinah menijo, da je zvečine uvožena, zato so zapisali pomislek, češ, da bi lahko bili s proseno kašo samooskrbni, saj imamo vse bolj topla poletja, v katerih z izjemo prosa z nizkim transpiracijskim koeficientom (180

do 200) druge poljščine brez namakanja težje uspevajo (Kajfež-Bogataj in sod., 2010; Kocjan Ačko in sod., 2012).

Glede števila pridelovalcev prosa na območjih, ki jih pokrivajo s svetovanjem, se je pokazalo, da je devet svetovalcev zapisalo, da sta na območju njihovih kmetijskih zavodov (Novo mesto, Ptuj) en do dva pridelovalca prosa, pet jih je zapisalo, da poznajo tri do štiri pridelovalce (Kranj, Ljubljana), na območju Nove Gorice in Maribora, kjer svetuje druga polovica svetovalcev, pa trenutno ni bilo nobenega pridelovalca prosa.

Pokušina prosene mlečne kaše in mlečne kaše s suhimi slivami, ki smo jo izvedli v okviru ankete, je pokazala, da so svetovalci ocenili jed ugodno, z ocenami dobro (18 % svetovalcev), prav dobro (28 % svetovalcev), z oceno odlično pa je jed ocenilo 50 % svetovalcev; oceno zadostno je dal le en degustator. Okus prosene mlečne kaše so opisali kot prijeten, mlečen, sladek, rahlo grenak, blag, dober, poln, odličen in nostalgičen. Dva sta napisala, da bi bilo treba mlečno kašo še nekoliko osoliti, pet pa bi ji dodalo več sladkorja. Na občutek sitosti se je spomnilo 20 anketirancev. Trije so pohvalili primerno gostoto in čvrstost. Proseno mlečna kaša s suhimi slivami je bila za anketirance še nekoliko okusnejša, zato so opisali okus kot zelo prijeten, boljši in bolj poln okus od mlečne kaše, ker ima jed značilen okus po sladkih slivah, kot možno popestritev jedi pa so omenili tudi drugo suho sadje. Češpljevi kaši so podelili ocene dobro (18 %), prav dobro (28 %) in odlično (54 %).

Večina (79 %) anketiranih svetovalcev meni, da bo proseno mlečna kaša bolj pogosto na njihovem jedilniku, 21 % pa se jih tudi v prihodnje ne namerava prehranjevati s proseno mlečno kašo oziroma z drugimi jedmi iz prosa.

Na vprašanje, na kakšen način bi umestili proso v sodobno kulinariko, smo dobili nekaj idej, med katerimi so najbolj zanimive naslednje:

- uvedba tedna domače kuhinarike v smislu osmic na Primorskem,
- dodatni menu s proseno jedjo v gostilnah z obvezno lokalno ponudbo etničnih jedi,
- posodobitev receptov po prehranskih merilih zdrave prehrane,
- predstaviti prehransko vrednost prosa na temelju znanstvenih dokazov o zdravilnih vplivih,
- pripraviti anketne vprašalnike s pokušinami na javnih krajih, to je v trgovinah, na tržnicah, v zadrugah, ambulantah, vrtcih, osnovnih, srednjih in srednjih šolah ter fakultetah in
- predstaviti proso ne le kot glavno jed, ampak kot okusno prilogo k zelenjavnim in mesnim jedem občasno namesto riža ali krompirja.

### 3.3 Primerjava med anketami

S primerjavo rezultatov ankete, ki je bila izvedena na začetku leta 2011 med sto potencialnimi potrošniki prosa (pacienti in zdravstveno osebje splošne ordinacije enega od zdravstvenih domov v Ljubljani), vendar brez pokušine (Kocjan Ačko, 2012), se je pokazalo, da je povezava predavanja in ankete s pokušino prosenih jedi dobro izhodišče za ponovno uvajanje prosa na slovenske njive, krožnike in v krmišča. V primerjavi z naključnimi posamezniki sta izbrani ciljni skupini (študentje agronomije in kmetijski svetovalci) profesionalno usposobljeni za prenos znanja o pridelavi in uporabi prosa. Študentje so namreč takoj začeli razmišljati o pomenu lokalne pridelave, možnostih vključevanja tradicionalnih in etničnih jedi iz prosa v kulinarično ponudbo, ki je lahko tesno povezana s turistično ponudbo, ekološkim kmetijstvom in zdravo hrano. Po pokušini so se razgovorili o nasitnosti prosenih jedi, cenovni dostopnosti prosene kaše za revnejše prebivalstvo zlasti v času gospodarske in socialne krize ter o prehranski varnosti in zdravstveni ustreznosti prosenih jedi za bolnike s celiakijo, ki ne smejo uživati živil, ki vsebujejo gluten. Nekoliko so se zamislili ob dejstvu, da jim je silicij bolj znan v zvezi z računalniško in komunikacijsko tehnologijo, kot pa s procesi, ki potekajo v živih organizmih.

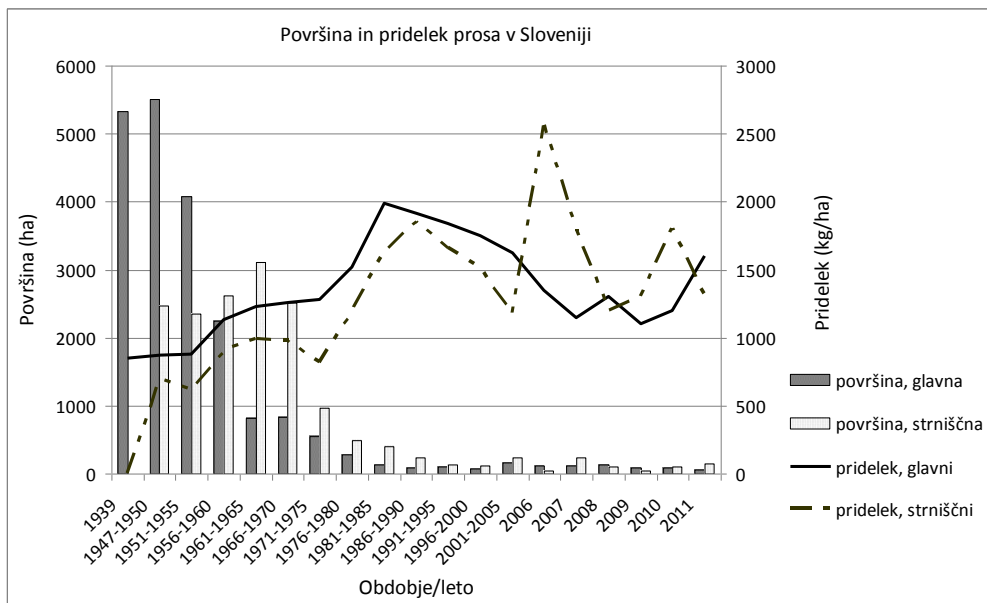
Predavanje, anketa in pokušini so motivirale tudi kmetijske svetovalce, ki so splošno znanje o pridelavi in uporabi dopolnili s posebnostmi o sortah, setvi, oskrbi in spravilu posevka in začeli razmišljati, kako svetovati potencialnim pridelovalcem in uporabnikom prosa. Pokazalo se je, da poznajo slovensko tradicionalno kuhinjo in etnične jedi iz prosa, ki so jim bližje v primerjavi s precej mlajšimi študenti. Menimo, da je pristop uvajanja prosa na slovenske njive s pomočjo pokušine prosenih jedi ena od možnosti, ki bi jo lahko izvajali tudi kmetijski svetovalci.

### 3.4 Predlogi kolobarjev s prosom na hmeljiščih v premeni

Dobra izraba premene v hmeljiščih ima velik pomen za poljedelsko-živinorejske kmetije (Kocjan Ačko, 2010). Na kmetijah z večinsko rejo krav molznic je pridelava čim več raznovrstne in kakovostne krme temelj prireje mleka in zdravja domačih živali. O uporabi prosa za živinsko krmo je Sadar (1949) zapisal, da so kmetje v preteklosti krmili govedo in konje z mehko proseno slamo (prosenico), ki so jo uporabljali tudi za nastilj pri hlevski reji domačih živali. S plevnatim zrnjem so krmili prašiče in perutnino. Čeprav so proso zvečine uporabljali za prehrano ljudi (v Savinjski dolini so največ pripravljali mlečno kašo), je bilo neoluščeno zrnje na Štajerskem predvsem živež za piščance. V povezavi s perutnino je nastal ljudski rek "Lačni kokoši se o prosu sanja".

Vinko Sadar (1949) priporoča za setev globoka, zračna, srednje težka; ilovnato glinasta do peščeno meljasta tla s čim manj travnih plevelov (muhvič, kostreba, sudanska trava) in opozarja, da so najboljše prejšnje poljščine okopavine (pesa, krompir), da proso dobro uspeva po mnogocvetni ljuljki ali detelji, po inkarnatki, grašljinki, grahu in ozimnemu ječmenu (po ozimni pšenici le v letih zgodnjih žetev). Koruza kot predhodna poljščina ni fitosanitarno ugodna zaradi skupne bolezni in škodljivca, prosene sneti in prosene ali koruzne vešče. Proso je odlična prejšnja poljščina za okopavine in detelje. Pri obdelavi za setev v maju je primerno nekoliko globlje spomladansko oranje, za setev strniščnega prosa pa plitvo strniščno oranje, s katerim se zmanjša zapleveljenost in ohrani vlaga v tleh.

V prvi polovici 20. stoletja so na območju Slovenije prevladovala glavna setva prosa, v drugi polovici 20. stoletja pa je bilo na slovenskih njivah več strniščnega prosa (slika 1).



**Slika 1:** Površina in povprečen pridelok navadnega prosa (*Panicum miliaceum* L.) v glavni in strniščni setvi v Sloveniji v obdobju od 1939 do 2011 (Maček 1993; Statistični letopis R Slovenije, 2012)

**Figure 1:** Area and average yield of proso millet sown as a main crop or as a catch crop through the period 1939-2011 in Slovenia (Maček 1993; Statistični letopis R Slovenije, 2012).

V primerjavi s približno 16.000 hektarjev njiv, ki so bile posejane s prosom v obdobju 1869–1939 (Maček, 1993), je razvidno zmanjšanje zemljišč pod prosom že leta 1939 na približno 5000 ha, ponoven vzpon v obdobju 1947 do 1950 (9000 ha) in vse manjši obseg pridelave v drugi polovici 20. stoletja. Po letu 1990, ko smo posejali s prosom letno po približno 280 ha njiv, so prevladovali strniščni posevki. V letu 2011 je bilo 200 ha prosenih njiv, od tega 58 ha v glavni setvi in 145 ha v strniščni.

Kljub strokovnjakom, ki smo na prelomu tisočletja s strokovno literaturo (Kocjan Ačko, 1999; Bavec, 2000; Jakop in sod., 2002) ponovno vabili k setvi prosa po ozimnem ječmenu, zgodnjem krompirju in grahu, lahko ugotovimo, da nam takrat ni uspelo. V zadnjem času poglobljanja gospodarske krize se kaže drugačen odnos do tradicije in vrednotenja že znanega. Od umestitve prosa v kolobar, v prehrano ljudi in domačih živali lahko pričakujemo pozitivne vplive, ki iz tega izhajajo.

V preglednici 1 smo zapisali kolobarje s prosom, primerne za hmeljišča v premeni na poljedelsko-živinorejskih kmetijah v Spodnji Savinjski dolini. Sadar (1949) je zapisal, da so ga kmetje najbolj pogosto sejali po lucerni ali ozimnemu ječmenu, najmanj zapleveljeno pa je bilo proso pri setvi po okopavinah, krompirju, pesi in repi.

**Preglednica 1:** Predlogi za umestitev prosa na hmeljišča v premeni v Spodnji Savinjski dolini

**Table 1:** Proposals for integration of proso millet on hop gardens in strands in Spodnja Savinjska dolina

Vrstenje	Triletni z zeljem in žiti kolobar	Triletni kolobar z visokim fižolom (zeljem, oljnimi bučami) in ozimno oljno ogrščico	Štiriletni kolobar z ovsom in DTM s poudarkom na beli detelji
1. leto	zelje, ozimna pšenica	visoki fižol ali zelje ali oljne buče	jari oves, DTM s poudarkom na beli detelji
2. leto	ozimna pšenica, oljna redkev za podor, ozimni ječmen	jari ječmen, ozimna oljna ogrščica	DTM s poudarkom na beli detelji
3. leto	ozimni ječmen, <b>strniščno proso</b>	ozimna oljna ogrščica, osuto seme za vznik in podor, <b>setev prosa konec junija ali na začetku julija</b>	DTM s poudarkom na beli detelji, ozimni ječmen
4. leto	/	/	ozimni ječmen, <b>strniščno proso</b>

## Preglednica - nadaljevanje s prejšnje strani:

Vrstenje	Štiriletni kolobar z mnogocvetno ljuljko in žiti za karantensko premeno	Štiriletni kolobar z visokim fižolom in žiti	Štiriletni kolobar z visokim fižolom in lucerno
1. leto	mnogocvetna ljuljka	visoki fižol ali zelje	visoki fižol ali zelje
2. leto	jari oves, tritikala ali ozimna rž	jari oves, tritikala ali ozimna rž	lucerna ali TDM
3. leto	tritikala ali ozimna rž, ozimni ječmen	tritikala ali ozimna rž, facelija ali oljna redkev za podor, ozimni ječmen	lucerna ali TDM
4. leto	ozimni ječmen, <b>strniščno proso</b>	ozimni ječmen, <b>strniščno proso</b>	lucerna ali TDM, <b>majska setev prosa</b>
Vrstenje	Petletni kolobar z visokim fižolom in lucerno	Petletni, staroslovenski kolobar z ovsom in DTM	Petletni, renski kolobar
1. leto	visoki fižol ali zelje	jari oves, podsevek: DTM	ozimna pšenica, strniščni posevek ajde
2. leto	lucerna ali TDM	DTM	jari oves, ozimni ječmen
3. leto	lucerna ali TDM	DTM, <b>majska setev prosa</b> , ozimna pšenica	ozimni ječmen, grašljinka (mešanica grašice, inkarnatke in mnogocvetne ljuljke)
4. leto	lucerna ali TDM, <b>majska setev prosa</b>	ozimna pšenica, strniščni posevek ajde	grašljinka, <b>majska setev prosa</b> , ozimna rž
5. leto	ozimni ječmen ali ozimna pšenica, strniščni posevek ajde	koruza za zrnje	ozimna rž, facelija za pašo čebel in za podor ali oljna redkev, ozimna pšenica

#### 4 SKLEPI

Številni znanstveni viri, ki potrjujejo, da so prosene jedi in izdelki izjemno hranljivi in zdravi, so spodbudili študente in kmetijske svetovalce k razmišljanju o repozicioniranju prosa na njive, krožnike in v krmišča. Proso kot tradicionalno žito lahko pridobi na pomenu z razvojem strokovnih področij funkcionalne hrane,

dietetičnih izdelkov za bolnike s celiakijo, trajnostnega in ekološkega kmetijstva. Pokušine prosene mlačne kaše, ocenjene od dobro do odlično, so se pokazale kot zelo perspektiven način širjenja informacij o prosu kot funkcionalnem živilu za vse generacije in družbene sloje.

Uvrstitev prosa v premeno na hmeljarskih poljedelsko-živinorejskih kmetijah v Spodnji Savinjski dolini bi prispevala ne le k večji biotski raznovrstnosti poljščin in k sklenjenemu kolobarju na njivah v premeni, ampak bi zagotovila krmni obrok funkcionalne hrane tudi domačim živalim na kmetijah.

### **Zahvala**

Zahvaljujem se hmeljarjema Antonu Rožiču in diplomirani inženirki zootehniko Mateji Rožič, za čas, ki sta ga posvetila študentom Biotehniške fakultete v okviru terenskih vaj, pogovorom o vrstah poljščin v hmeljni premeni, pridelavi prosa v Spodnji Savinjski dolini v preteklosti in možnostih za ponovno pridelavo. Navdušenje za kmetovanje, ki ga kljub težkim časom znata ohranjati, je lahko zgled pri ponovnem vključevanju prosa v pridelavo in uporabo. Hvala višji predavateljici mag. Marleni Skvarča za možnost kuhanja kaše v laboratoriju za vrednotenje živil Oddelka za živilstvo Biotehniške fakultete, za pripravo jedi pa Marjeti Žabnikar in Tanji Bohinc. Hvala tudi slušateljicam in slušateljem predmeta Pridelovanje poljščin in kmetijskim svetovalkam in svetovalcem KGZS za prijazno sodelovanje na predavanjih, pri anketi in na pokušini.

## **5 LITERATURA**

- Bavec F. Navadno proso (*Panicum miliaceum* L.). V: Nekatero zapostavljene in/ali nove poljščine. Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo. 2000; 74-78.
- Black M., Bewley J.D., Halmer P., Millets. V: The Encyclopedia of Seeds. Science, Technology and Uses. Oxfordshire, UK: CAB International. 2008; 417-418.
- Bookwalter G.N., Lyle S.A., Warner K. Millet processing for Improved Stability and Nutritional Quality Without Functionality Changes. Journal of Food Science. 1987; 52: 399-402.
- Bravo L. Chemistry, dietary sources, metabolism and nutritional significance. Nutr. Rev. 1998; 56: 317 s.
- Carlisle E.M. Silicon: a possible factor in bone calcification. Science. 1970; 167: 279-280.
- Carlisle E.M. Silicon an essential element for the chick. Science. 1972; 178: 619-621.
- Elzebroek A.T.G., Koop W. Starch crops. V: Guide to cultivated plants. Wallingford, CAB International. 2008; 328-335.
- Fortuna F., Tavčar T. Začelo se je obiranje kmelja. Hmeljarstvo v svetu in v Sloveniji. Kmečki glas, Dostopno na naslovu: [www.kmeckiglas.com/index.php?option=com...id..](http://www.kmeckiglas.com/index.php?option=com...id..) (citirano: 24. 9. 2012).
- Henning K. Millet Oil for Skin and Hair Care. SOFW Journal, Personal Care, Detergents, Specialities. 2005; 8 s.



- Jakop M., Ivančič A., Tajnšek A., Bavec F., Grobelnik Mlakar S. Variabilnost morfoloških lastnosti in pridelka populacij navadnega prosa (*Panicum miliaceum* L.). V: Novi izzivi v poljedelstvu 2002: zbornik simpozija, Ljubljana: Slovensko agronomsko društvo. 2002; 322-326.
- Kajfež-Bogataj L., Pogačar T., Ceglar A., Črepinšek Z. Spremembe agro-klimatskih spremenljivk v Sloveniji v zadnjih desetletjih. Acta agriculture Slovenica. 2010; 95(1): 97-109.
- Kalinova J., Moudry J. Content and Quality of Protein in Proso Millet (*Panicum miliaceum* L.) varieties. Plant Foods for Human Nutrition. 2006; 61(1): 45-49.
- Kocjan Ačko D., Potočnik A. Pridelovanje prosa. Sodobno kmetijstvo. 1999; 32(4): 187-191.
- Kocjan Ačko D. Proso. V: Pozabljene poljščine. Ljubljana: Kmečki glas. 1999; 67-82.
- Kocjan Ačko D. Hop fields in crop rotation = Hmeljišča v premeni. Acta agric. Slovenica. 2010; 95(1): 61-67.
- Kocjan Ačko D., Šantavec I., Cvetkov M. Production of common millet (*Panicum miliaceum* L.) in Slovenia and effect of sowing time and sowing density on grain yield of the 'Sonček' cultivar. Int. j. food, agric. Environment. 2012; 10(1): 417-422.
- Kocjan Ačko D. Importance and possibilities of proso millet (*Panicum miliaceum* L.) production for human nutrition, and animal feed in Slovenia. Int. j. food, agric. environment. 2012a; 10(2): 636-640.
- Kocjan Ačko D. Pomen prosa (*Panicum miliaceum* L.) v pridelavi in uporabi = Importance of proso millet (*Panicum miliaceum* L.) in crop production and consumption. V: Jerala M. (ur.), Kramarič M. (ur.), Pogorelec A. (ur.), Kolenc Artiček M. (ur.). Prenos inovacij, znanj in izkušenj v vsakdanjo rabo: zbornik referatov. Naklo: Biotehniški center. 2012b; 1-10.
- Kocjan Ačko D., Šantavec I. Umestitev prosa v pridelavo in uporabo na podlagi poljskih poskusov in anket potencialnih pridelovalcev in uporabnikov. V: Trdan, S. (ur.). Delavnica Okoljsko sprejemljive in okolju prilagojene tehnologije pridelave poljščin..., Ljubljana, 9. maj 2012. Izvlečki predavanj. Ljubljana: Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo. 2012; 9-10.
- Maček J. Proso. V: Statistika kmetijske rastlinske pridelave v Sloveniji v obdobju 1869-1939, Zbornik BF. 1993;18: 35.
- Mallesh N.G., Hadimani N.A. Nutritional and technological characteristics of small millets and preparation of value-added products from them. V: Advances in Small Millets, Riley, K.W. in sod. (Eds.), Oxford & IBH Publishing Co., New Delhi. 1993; 271 s.
- Martin J.H., Waldren R.P., Stamp D.L. Millets. V: Principles of field crop production. Pearson Prentice Hall, New Jersey. 2006; 493-505.
- Nishizawa N., Sato D., Ito Y., Nagasawa T., Hatakeyana Y., Choi M.R., Choi Y.Y., Wei Y.M. Effects of Dietary Protein of Proso millet on liver Injury Induced by D-galactosamine in Rats. Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry. 2002; 66(1): 92-96.
- Rožič Plazovnik M., Šantavec I., Kocjan Ačko D. Premena v hmeljiščih = Crop rotation in hops growing. V: Tajnšek A. (ur.). Novi izzivi v poljedelstvu 2008: zbornik simpozija, Rogaška Slatina, 4. in 5. december 2008. Ljubljana, Slovensko agronomsko društvo. 2008; 68-73.
- Sadar V. Proso. V: Naše žito. Založba kmečki glas. 1949; 216-227.

- Sadar V. Poljski kolobar in kolobarjenje. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za agronomijo, gozdarstvo in veterinarstvo. 1961; 104 s.
- Slovensko društvo za celiakijo. 2012. Dostopno na naslovu: <http://www.drustvo-celiakija.si> (citirano: 10. 10. 2012)
- Statistični letopis. 2012. Statistični urad R Slovenije. Dostopno na naslovu: [http://www.stat.si/publikacije/pub\\_letopis\\_prva.asp](http://www.stat.si/publikacije/pub_letopis_prva.asp) (citirano: 12. 10. 2012)
- Yanez G.A., Walker C.E. Effect of Tempering Parameters on Extraction and Ash of Proso Millet Flours, and Partial Characterization of Proso Starch. *Cereal Chemistry*. 1986; 63(2): 164-167.
- Zarnkow M., Faltermaier A., Back W., Gastl M., Arendt E.K. Evaluation of different yeast strains on the quality of beer produced from malted proso millet. *European food research and technology*. 2010; 2: 287-295.
- Weihofen J. Silicij – čudežno zdravilo. *Heilwunder Silicium* (2003), prevod: Marjan Furlan Celje: Mavrica. 2004; 112 s.
- Willfort R. Proso (*Panicum mileacem* L.). V: *Zdravilne rastline in njih uporaba*. 5. dopolnjena izdaja. Založba obzorja Maribor. 1997; 297-298.

## PROGNOZA NAPOVEDOVANJA HMELJEVE LISTNE UŠI (*Phorodon humuli* Schrank) NA HMELJU (*Humulus lupulus* L.)

Magda RAK CIZEJ<sup>1</sup>, Jolanda PERSOLJA<sup>2</sup>, Sebastjan RADIŠEK<sup>3</sup>, Gregor  
LESKOŠEK<sup>4</sup>, Alenka FERLEŽ RUS<sup>5</sup>

UDK/ UDC 633.791:632.752:632.914(045)

strokovni članek / professional article

prispelo / received: 10. oktober 2012

sprejeto / accepted: 19. november 2012

### Izvleček

Hmeljeva listna uš (*Phorodon humuli* Schrank) je pomemben škodljivec hmelja, ki se na hmelju pojavlja vsako leto in na njem povzroča tako neposredno škodo (s sesanjem sokov zavira rast in razvoj rastline) kot posredno škodo npr. s prenosom patogenih virusov na nekaterih koščičarjih (npr. šarka - Plum pox virus). Je heterociklična vrsta, katerih primarni gostitelji so rastline iz rodu *Prunus*, med katerimi je najpomembnejša domača češplja (*Prunus domestica* L.). Najdemo jo lahko tudi na čremsu (*P. padus* L.). Sekundarni gostitelj hmeljeve listne uši je hmelj (*Humulus lupulus* L.), ki na hmelju bistveno zmanjšuje količino in kakovost pridelka. Prognoza in signalizacija hmeljeve listne uši temeljita na spremljanju migracije od primarnega gostitelja na sekundarnega, kakor tudi opazovanje škodljivca na obeh gostiteljskih rastlinah. V naravi prvo krilato uš najdemo pri temperaturni vsoti 217 °C, nad temperaturnim pragom 5,6 °C. Dolžina preleta uši je odvisna predvsem od temperature zraka; let v povprečju traja 46 dni.

**Ključne besede:** hmelj, *Humulus lupulus*, hmeljeva listna uš, *Phorodon humuli*, prognoza

---

<sup>1</sup> Dr., univ. dipl. inž. agr., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Cesta Žalskega tabora 2, 3310 Žalec, e-pošta: magda.rak-cizej@ihps.si

<sup>2</sup> Mag., univ. dipl. inž., prav tam, e-pošta: jolanda.persolja@ihps.si

<sup>3</sup> Dr., univ. dipl. inž. agr., prav tam, e-pošta: sebastjan.radisek@ihps.si

<sup>4</sup> Univ. dipl. inž. agr., prav tam, e-pošta: gregor.leskosek@ihps.si

<sup>5</sup> univ. dipl. inž. agr., prav tam, e-pošta: alenka.ferlez-rus@ihps.si

## PROGNOSIS OF DAMSON-HOP APHID (*Phorodon humuli* Schrank) ON HOP (*Humulus lupulus* L.)

### Abstract

Damson-hop aphid (*Phorodon humuli* Schrank) is an important hop pest occurring yearly on hop plants and causing damage, both directly (inhibiting the growth and plant development by sucking juice) and indirect damage with transmits pathogenic viruses on some *Prunus* species (exc. Plum pox virus). It is a heterocyclic species, whose primary hosts are plants of the genus *Prunus*, of which the most important is domestic plum (*Prunus domestica* L.). It can also be found on *Prunus padus* L. Secondary host for damson-hop aphid are hop plants (*Humulus lupulus* L.) on which reduce yields and quality. Prognosis and signaling of damson-hop aphids bases on the monitoring of migration from the primary to the secondary host, as well as monitoring it on both host plants. In nature the first damson-hop aphid found by 217 °C, sum of degree above the temperature threshold of 5.6 °C. Length flight of aphids mainly depends on air temperature and on average they take 46 days.

**Key words:** hop, *Humulus lupulus*, damson-hop aphids, *Phorodon humuli*, prognosis

### 1 UVOD

Hmeljeva listna uš (*Phorodon humuli*) je pomemben škodljivec hmelja, ki se na hmelju pojavlja vsako leto in na njem povzroča tako neposredno škodo (s sesanjem sokov zavira rast in razvoj rastline) kot posredno škodo (prenašalka virusov in virusom podobnih organizmov). Hmeljeva listna uš je prenašalec patogenih virusov na nekaterih koščičarjih (npr. šarka - Plum pox virus). Hmeljeva listna uš je heterociklična vrsta, katerih primarni gostitelji so rastline iz rodu *Prunus*, med katerimi je najpomembnejša domača sliva/češplja (*Prunus domestica* L.). Najdemo jo lahko tudi na čremsu (*P. padus* L.). Sekundarni gostitelj hmeljeve listne uši je hmelj (*Humulus lupulus* L.). Prognoza in signalizacija temeljita na spremljanju migracije od primarnega gostitelja na sekundarnega, kakor tudi opazovanje škodljivca na obeh gostiteljskih rastlinah. Prve raziskave hmeljeve listne uši za potrebe prognoze in signalizacije so bile v naših razmerah opravljene v letih 1958 do 1961 (Dolinar, 1962), od takrat dalje pa jo na Inštitutu za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije spremljamo vsako leto.

## 2 TAKSONOMIJA IN POIMENOVANJE

Hmeljevo listno uš je leta 1801 odkril in prvi poimenoval Schrank, in sicer *Aphis humuli*. Spada v razred žuželk (Insecta), podrazred krilatih žuželk (Pterygota), red enakokrilcev (Homoptera), podred Aphidina in v družino pravih listnih uši (Aphididae), ki po velikosti telesa spadajo med majhne žuželke, sesajo rastlinske sokove in ki jim partenogenetsko razmnoževanje ter kratki generacijski časi omogočajo hitro povečevanje populacije. V literaturi je navedena tudi s sinonimi: *Hyalopterus pruni* (Geoffroy), *Hysteroneura setariae* (Thomas) in *Brachycaudus cardui* (Linnaeus).

## 3 OPIS POŠKODB

S sesanjem rastlinskih sokov iz sitastih cevi povzroča hmeljeva listna uš na hmelju neposredno škodo. Navadno se uš zadržuje na spodnji strani lista, poleg listov pa napada tudi storžke hmelja. Na mestih vbodov s sesalom se tkivo blede obarva, kar je na zgornji strani lista vidno kot blede pikice, ki se ob močnem napadu združujejo, tako da listi začnejo rumeneti. Zaradi sesanja se zmanjša turgor v hmeljnih listih, zato se ti zvijejo, posledično zaostaja rast in razvoj rastlin. Ob močnem napadu rastline hmelja ne oblikujejo cvetov in posledično ni pridelka. Hmeljeva listna uš lahko napade tudi storžke hmelja, ki ostanejo razprti in ne dozoriijo. Posledično je večja možnost izpada lupulina, ki je glavna sestavina hmelja.

Hmeljeva listna uš povzroča tudi posredno škodo, in sicer je prenašalka virusov. Na koščičarjih prenaša pomemben virus imenovan šarka (Plum pox virus). Večja škoda, in sicer neposredna, ki jo povzroča, se nanaša na sekundarnega, poletnega gostitelja – hmelj. Hmeljeva listna uš na hmelju prenaša naslednje viruse: hmeljev mozaik (Hop mosaic carlavirus - HMOV), virusno latentno bolezen hmelja (Hop latent carlavirus (HLV), kumarni mozaik (Cucumber mosaic cucumovirus - CMV). Hmeljeva listna uš lahko prenaša poleg virusov na nekaterih koščičarjih tudi le-te na krompirju (npr. virus PVY<sup>N</sup>). Skozi odprtino na zadku izloča medeno roso, zato so listi svetleči in lepljivi. Dodatna škoda tako nastaja še zaradi gliv sajavosti, ki se naselijo na medeni rosi, kar povzroči slabšo fotosintezo in s tem zmanjšanje količine in kvalitete pridelka.

## 4 GOSTITELJSKE RASTLINE IN GEOGRAFSKA RAZŠIRJENOST

Zimski, primarni gostitelji hmeljeve listne uši so slive/češple (*Prunus domestica*) in druge vrste iz rodu *Prunus*: *P. spinosa* (trnulja), *P. insititia* (trnoselj), *P. mahaleb*,

*P. cerasifera*, *P. serotina*, *P. padus* in *P. pisardii*. Sekundarni gostitelj je gojeni hmelj (*Humulus lupulus*) in divji hmelj (*Humulus lupulus* in *Humulus japonicus*), poleti lahko hmeljevo uš najdemo tudi na koprivah (*Urtica dioica*). Hmeljeva listna uš je razširjena povsod po Evropi, kjer gojijo hmelj, prav tako je prisotna tudi v Severni Ameriki, Severni Afriki in Aziji.

## 5 MORFOLOŠKI OPIS RAZVOJNIH STADIJEV

Krilate oblike hmeljeve listne uši so 1,5-2,1 mm velike, imajo zadek zelene barve in imajo na hrbtni strani zadka svetlo rjavo liso. Glava, oprsje in tipalnice so temno rjave do črne barve. Na glavi imajo med osnovama tipalnic dve izraziti prstasti grbici, ki sta koničasti (zašiljeni). Neobičajen je tudi nekoliko oglat prvi člen tipalnic, kar omogoča lažjo determinacijo uši. Nekrilate uši so poleti na hmelju velike 1,1 do 1,8 mm, spomladi na rastlinah rodu *Prunus* pa 2,0 do 2,6 mm, po nekaterih podatkih celo 3 mm velike. Zadek je svetlo zelene do rumeno zelene barve. Tudi nekrilate uši imajo temnejšo liso na hrbtni strani zadka in koničasti grbici med osnovama tipalnic. Jajčeca, ki jih najdemo na slivah in drugih vrstah rodu *Prunus* so lesketajoče črne barve, ovalne oblike in velika do 0,5 mm. Ličinke - nekrilate (eksules) so podobne odraslim ušem, velike so okoli 2 mm in zelene barve.

## 6 BIOLOGIJA RAZVOJA

Hmeljeva listna uš ima holociklični razvoj. Prezimi v obliki jajčec, saj samica v jeseni odlaga jajčeca na popke raznih vrst koščičarjev, najraje na domači češplji (*Prunus domestica*), in sicer v kotu med vejico in brstom. Spomladi se iz jajčec izležejo uši temeljnice (fundatrix) nato pa nekrilate samice (virginopare), ki se hranijo na listih gostitelja in se nespolno razmnožujejo. Na zimskem gostitelju se spomladi razvije do 5 ali 6 fundatrigenih rodov. Po eni ali dveh generacijah se vse bolj množično pojavljajo krilate samice, ki preletavajo proti koncu pomladi in na začetku poletja na hmelj, to je takrat, ko je dosežen temperaturni prag 13°C. Že od začetka tretje deкаде aprila, predvsem pa sredi maja, začnejo krilate uši preletavati na poletnega gostitelja – hmelj (*Humulus lupulus*). Običajno se prelet začenja prve dni maja in pri nas traja od 28 do 69 dni. Dolgoletno povprečje je 46 dni. Prelet je najmnožičnejši v drugi in tretji dekadi maja. Krilate uši naseljujejo predvsem robove hmeljišč. Na hmelju uši brez oploditve izležejo brezkrilne ličinke, iz katerih se lahko že po sedmih dneh izležejo novi potomci. Uši napadajo spodnjo stran listov in storžke. Ena uš lahko ima do 100 potomcev. Razvoj uši je posebno močan v mesecu maju in začetku junija. Ugotovljeno je, da na čas preleta vpliva tudi količina dušika v listih primarnega gostitelja (Campbell, 2005). Takoj po preletu

krilatih uši na sekundarnega gostitelja pričnejo s tvorbo prve izmed številnih (7-10) generacij nekrilatih aseksualnih uši (aptere), katerih število se tekom poletja brez učinkovitega varstva zelo poveča. Večino uši privlačijo bolj rumeni kot zeleni deli rastlin, kar potrjujejo tudi rezultati poskusa s hmeljevo ušjo, narejeni v zgodnjih osemdesetih letih v Angliji. Ugotovili so, da je 100 % več migrantov na opori, kjer sta naviti po dve trti v primerjavi z navito le eno trto ter da je pozitivna korelacija med višino trte in številom uši (Worner in sod. 1995). Rastline na obrobju nasada hmelja so močnejše napadene z ušmi, prav tako pa je več uši na opori, ki je v zavetrju. Večina naseljenih uši prihaja iz primarnega gostitelja, ki ni oddaljen več kot eno uro preleta. Vsi nadaljnji preleti so krajši in vključujejo le premik na bližnje rastline. V tem primeru pride do izraza preferenca do določenih sort hmelja. Hitremu razvoju hmeljeve uši godi toplo in vlažno vreme, ko so temperature zraka od 20 do 30°C.

V septembru, lahko že tudi prej, se razvijejo krilate samice – ginopare, ki se začnejo vračati na zimske gostitelje, rastline iz rodu *Prunus*. Krilate samice se začnejo pojavljati z znižanjem temperature in ko se dan skrajša na 13,5 ur dnevne svetlobe. Prve krilate samice začnejo na zimskem gostitelju odlagati jajčeca in iz izleglih ličink se razvijejo nekrilate samice. Te se pariyo s krilatimi samci (andropara), ki priletijo iz hmelja za samicami. Samci določijo lokacijo samic s prepoznavanjem feromona, ki ga samice izločajo iz žlez na zadnjih nogah. Oplojene samice nato izlegajo jajčeca, ki prezimijo na vrstah iz rodu *Prunus*.

Hmeljeva listna uš naseljuje vse zelene rastlinske dele, predvsem pa liste in storžke. Napadeni deli zaostanejo v rasti in se ne razvijajo naprej, tudi ko uši uničimo. Uši izločajo medeno roso – mano, na kateri se razvijejo glivice, ki povzročajo sajavost. Sajavost zmanjšuje asimilacijsko sposobnost listja in posledično ovira rast hmelja.

## 7 STRATEGIJA ZATIRANJA

Predvsem moramo biti pozorni na število uši v času cvetenja in oblikovanja storžkov. Delež nasadov hmelja v skupnih kmetijskih zemljiščih je v hmeljarskih območjih velik, kar skupaj s številnimi rodovi, ki se razvijejo med sezono, omogoča razmeroma hiter razvoj odpornosti uši na aficide (insekticide). Na drugi strani pa je za zatiranje škodljivca registriranih malo insekticidov, kar onemogoča izvajanje antirezistenčne strategije varstva hmelja. Večina hmeljarskih območij, tako je tudi v Sloveniji, ima organizirano prognostično-signalizacijsko službo, katere pomembna dejavnost je tudi prognoza pojava uši in signalizacija ukrepov za varstvo hmeljišč pred hmeljevo listno ušjo. V zadnjih letih je znaten interes za biotično zatiranje, v kar vodi tudi strog nadzor nad ostanki fitofarmaceutskih

sredstev v storžkih hmelja. Zaradi dejstva, da uši preletavajo na hmelj preden so prisotni njihovi naravni predatorji, je vsaj v prvem delu rastne sezone nujna uporaba insekticida. V sedemdesetih in osemdesetih letih so v poljskih poskusih proučevali uporabnost različnih vrst predatorjev pri zatiranju uši. Glavni predatorji v omenjenih poskusih so bile stenice (*Anthoridae*), trepetavke (*Syrphidae*), tenčičarice (*Chrysopidae*), strigalice (*Forficula* spp.) in seveda pikapolonice (*Coccinellidae*) (Hornung, 1973).

Običajno je v hmeljiščih potrebno vsako leto opraviti vsaj eno škropljenje za zatiranje hmeljeve listne uši z insekticidi s sistemskim delovanjem. Hmeljeva listna uš ima naravne sovražnike, vendar trenutno niso dovolj učinkoviti ali pa se pojavijo prepozno, ko uši povzročijo nepopravljivo škodo. Prag za zatiranje hmeljeve listne uši na hmelju je, ko na posameznih listih opazimo preko 200 uši, oziroma ko je na večini listov prisotnih 50 uši. Ključnega pomena za uporabo insekticidov s sistemskim delovanjem je tudi spremljanje preleta krilatih uši na hmelju. Ko se prelet konča in ko je hmelj na višini 4 metrov, je treba izvesti aplikacijo z registriranim sistemskim insekticidom. Za dobro učinkovitost uporabljenega insekticida je potrebno upoštevati tudi fenofazo razvoja hmelja in sicer, da ga uporabimo pred začetkom cvetenja, v nasprotnem primeru je učinkovitost insekticidov slabša. Prav tako se je potrebno izogibati uporabi sistemskih insekticidov, ko je rastlina v stresnem stanju (dolgotrajne visoke temperature zraka). Uporabo insekticidov s kontaktnim načinom delovanja ne priporočamo, ker je njihova učinkovitost nesprejemljiva (manj kot 50 %). Za zatiranje hmeljeve listne uši imamo trenutno v Sloveniji registrirane naslednje insekticide: Confidor SL 200 in Kohinor SL 200 (a.s. imidakloprid), Chess 50 WP (a.s. pimeprozin) in Teppeki (a.s. flonikamid). Da bi se izognili nastajanju odpornih ras hmeljeve listne uši na aktivne snovi, je potrebno menjavati uporabo različnih aktivnih snovi. Z namenom izoginitve uporabi insekticidov ali jih saj zmanjšali, se preizkuša odpornost različnih sort hmelja na hmeljevo listno uš. Trenutno nobena slovenska sorta hmelja ne kaže zadostne odpornosti, da bi se lahko z njenim gojenjem izognili uporabi insekticidov zoper hmeljevo listno uš. Vsekakor pa so bile opažene razlike v občutljivosti na škodljivca med različnimi sortami. Prvi poskusi z namenom vzgoje odpornih sort hmelja na uši so se pričele v Angliji. Tam imajo trenutno sorto hmelja Boadicea, ki je odporna na hmeljevo listno uš (Darby, 2009).

## 8 NAPOVEDOVANJE POJAVA HMELJEVE UŠI

Prve raziskave hmeljeve uši je opravljal v letih 1958 do 1961 Dolinar (Dolinar, 1962). Z raziskavami je nadaljeval Žolnir v letih od 1974 do 1976 (Žolnir, 1978), nekatere možnosti signaliziranja in napovedovanja pa so bila opravljena v letu



1983 (Kač, 1984). Žolnir je leta 1978 predlagal, da bi zatiral hmeljevo listno uš na primarnem gostitelju, kar je mogoče, vendar se je osredotočil bolj na zatiranje hmeljeve listne uši na sekundarnem gostitelju – hmelju. Za zatiranje je bilo nujno poznavanje biologije hmeljeve listne uši na primarnem gostitelju – domači češplji. Hmeljeva listna uš ima na primarnem gostitelju 5–6 generacij, kjer se od maja do junija tvorijo krilate oblike uši, ki preletijo na hmelj. Uši se lahko na primarnem gostitelju zadržijo tudi preko poletja. Sklepali so, da je menjava gostiteljev obligatorna samo za linijo samcev, za linijo samic pa je fakultativna in je odvisna predvsem od vremenskih razmer. Pojav krilatih uši na sekundarnem gostitelju je odvisna od dveh dejavnikov:

- od pojava krilatih oblik na primarnem gostitelju in
- preleta na sekundarnem gostitelju.

Hornung je 1973 določil faktorje preleta, na katerih je temeljila tudi raziskava Žolnirja (1978). Na prelet krilatih uši vplivajo:

- *temperatura zraka*; uši so sposobne leteti pri povprečni temperaturi zraka 17 °C;
- *hitrost vetra*; uši letijo, ko je hitrosti vetra manj kot 0,6 m/s;
- *vreme*; krilate uši letijo v lepem vremenu brez dežja.

Pri suhem in topllem vremenu predvidevamo kratek in intenziven prelet uši, pri vlažnem in hladnem vremenu pa dolg prelet krilatih uši na hmelj.

Na primarnem, zimskem gostitelju – domači češplji, se jajčeca večinoma zadržujejo v kotu med vejico in brstom. Ker je za signalizacijo in napovedovanje pomembno predvidevanje populacije hmeljeve listne uši na zimskem gostitelju, je potrebno na njem ugotoviti število jajčec. Razlika o populaciji jajčec na primarnem gostitelju se odraža tudi v številu krilatih uši na hmelj. Po raziskavah je prelet uši v Sloveniji na vseh območjih pridelave hmelja enakomeren, zato zadostuje spremljanje preleta krilatih uši na sekundarnem gostitelju le na eni lokaciji (Žolnir, 1978).

## 8.1 Opazovanje in napovedovanje pojava hmeljeve listne uši

Vsako leto, že pred pričetkom preleta hmeljeve uši na hmelj, ugotavljamo populacijo zimskih jajčec na zimskem gostitelju – domači češplji. Štetje jajčec opravimo pozimi v januarju oziroma februarju. Drug zelo pomemben del opazovanja hmeljeve listne uši je spremljanje preleta krilatih uši iz zimskega gostitelja – domače češplje na poletnega gostitelja – hmelj.

## 8.2 Štetje jajčec hmeljeve listne uši na domači češplji

Populacijo jajčec hmeljeve listne uši ugotavljamo na zimskem gostitelju – domači češplji, ki je od hmeljišč oddaljena 100 do 200 metrov. Populacijo jajčec hmeljeve listne uši spremljamo na več lokacijah v hmeljarskih območjih (Savinjska dolina, Koroška, Ptuj-Ormož). V januarju oziroma začetku februarja narežemo iz posamezne lokacije 10 do 20 vej domače češplje dolžine približno 0,5 m. V vzorcu na 400 slučajno izbranih brstih ugotavljamo pod stereomikroskopom prisotnost mrtvih in živih jajčec. Rezultate štetja zimskih jajčec zabeležimo v obrazec »Štetje jajčec hmeljeve listne uši«. V obrazec zapišemo število živih in mrtvih jajčec na 400 brstih, pri čemer izračunamo delež mrtvih jajčec. Končen rezultat podamo v številu živih jajčec na 100 brstih.

## 8.3 Spremljanje preleta krilate hmeljeve listne uši na hmelj

Na podlagi opazovanj začetka oblikovanja krilatih oblik uši na domači češplji, katere opazujemo s pomočjo lupe pri 10 do 20-kratni povečavi, je mogoče napovedati začetek pojava uši v hmeljiščih. Natančno napoved začetka preleta krilatih uši na poletnega gostitelja – hmelj podamo na podlagi spremljanja preleta krilatih uši na 10 do 15 rastlinah. Prelet spremljamo trikrat tedensko (vsak drugi deloven dan). Na rastlinah preštejemo krilate uši, katere ob štetju uničimo. Končen podatek o preletu podamo v številu krilatih uši/rastlino/dan.

## 8.4 Napovedovanje zatiranja hmeljeve listne uši

V hmeljišču uporabimo insekticid, ko na vzorcu 50 listov (25 listov naberemo v zgornjih delih, 13 v srednjih delih in 12 v spodnjih delih rastlin), katere naberemo na različnih mestih v hmeljišču, ugotovimo 50 uši na list oziroma ugotovimo, da je na posameznih listih več kot 200 uši. To običajno sovпада s pojavom medene rose oziroma mane. Če je le mogoče, počakamo z uporabo sistemskih insekticidov do takrat, ko je prelet krilatih uši na hmelj že končan.

## 9 PROGNOŠTIČNI MODEL

Na začetek in konec preleta hmeljeve listne uši vplivajo povprečna dnevna temperatura zraka, količina padavin, dolžina dneva. Za izračun začetka preleta krilatih uši na poletnega gostitelja potrebujemo vsoto efektivnih temperatur, spodnji temperaturni prag razvoja, količino padavin. Biotični dejavniki so: fenofaza razvoja hmelja, štetje jajčec hmeljeve listne uši na primarnem gostitelju, spremljanje preleta hmeljeve listne uši iz primarnega gostitelja na sekundarnega.

Prvo krilato uš na hmelju lahko pričakujemo, ko je dosežena vsota efektivnih temperatur nad določenimi temp. pragovi (preglednica 1). Vsoto efektivnih temperatur ( $V_{\text{ef}}$ ) pričnemo računati, ko je dosežen spodnji temperaturni prag 5,0 ali 5,55 ali 5,6 °C (preglednica 2). Prelet krilatih uši iz primarnega gostitelja na hmelj se začne, ko vsota temperatur doseže vrednosti, navedene v preglednici 1 (Worner, 1995), pod pogojem, da povprečna dnevna temperatura preseže 13°C (Campbell, 2005). Največji vpliv na izleganje jajčec in prelet krilatih uši, tako prve kakor tudi naslednje generacije, imajo temperature zraka. Vsota efektivnih temperatur se izračuna iz meteoroloških podatkov minimalne ( $T_{\text{min}}$ ) in maksimalne temperature ( $T_{\text{max}}$ ) zraka ter spodnjega temperaturnega praga ( $T_{\text{prag}}$ ):

$$V_{\text{ef}} = \sum_{i=1}^n \left( \frac{T_{\text{max}} + T_{\text{min}}}{2} - T_{\text{prag}} \right)$$

Zanimalo nas je, pri katerem temperaturnem pragu se opažanja iz narave najbolj približajo izračunanim vsotam efektivnih dnevni temperatur. Zato smo od leta 2000 pa vse do leta 2012 izračunali dejansko vsoto efektivnih temperatur, od doseženega praga (preglednica 1) pa do pojava prve krilate uši, ter jo primerjali z izračunano vsoto efektivnih temperatur (preglednica 2).

**Preglednica 1:** Vsota efektivnih temperatur za začetek preleta krilatih uši na hmelj (sekundarnega gostitelja) glede na različne temperaturne pragove (Wörner, 1995)

**Table 1:** Degree-day for beginning of flight of aphids on hop (secondary host), according to different thresholds (Wörner, 1995).

Spodnji temperaturni prag (°C)	Vsota efektivnih temperatur za začetek preleta krilatih uši (v °C)
5,0	202
5,55	214
5,6	217

Ugotovili smo, da pride do najmanjšega odstopanja od dejanskega pojava uši v naravi, če upoštevamo spodnji temperaturni prag 5,6 °C (preglednica 3). Takrat mora biti vsota temperatur 217 °C. Najmanjše odstopanje je bilo v letu 2003, saj naj bi po izračunih efektivnih temperaturnih vsot pričakovali prve uši 2.5.2003, v naravi pa je bila prva uš na hmelju opažena 4.5. 2003. Do največjega odstopanja je prišlo tudi v letu 2001, kjer je razlika za skoraj 1 mesec, za kar ne vemo pravega razloga. S primerjavo padavin v letu 2001 ni bilo velikega odstopanja. V vseh preostalih letih gre pa za odstopanja med 5 in 12 dni, kar je dokaj sprejemljivo. Namreč, vedno naj bi po izračunih vsote efektivnih temperatur pričakovali prvo hmeljevo uš nekaj dni prej, kot pa je bila opažena v naravi. Zatiranje hmeljeve

listne uši je potrebno izvesti, ko je hmelj visok približno 4 m in ko je prelet s primarnega gostitelja na sekundarnega v večini zaključen. Zaradi tega je pomembno tudi spremljanje dolžine preleta, saj le na ta način lahko napovemo čas zatiranja uši. Povprečna dolžina preleta krilatih uši na hmelj v Žalcu je 46,4 dni (preglednica 3).

**Preglednica 2:** Temperaturni pragovi in dosežena vsota temperatur za pojav krilate oblike hmeljeve listne uši (*Phorodon humuli*) v primerjavi s prvimi najdbami v naravi (lokacija Žalec od 2000–2012)

**Table 2:** Calculated degree day based on different thresholds in comparison of first find damson hop aphid (*Phorodon humuli*) in nature (location Žalec from 2000-2012).

Leto	Datumi			Opažena krilata uš v naravi
	5,0 °C (202 °C)	5,55 °C (214 °C)	5,6 °C (217 °C)	
2000	15.4.2000	19.4.2000	20.4.2000	29.4.2000
2001	23.3.2001	7.4.2001	8.4.2001	5.5.2001
2002	20.4.2002	25.4.2002	26.4.2002	4.5.2002
2003	29.4.2003	2.5.2003	2.5.2003	4.5.2003
2004	25.4.2004	30.4.2004	3.5.2004	8.5.2004
2005	26.4.2005	29.4.2005	30.4.2005	10.5.2005
2006	24.4.2006	28.4.2006	29.4.2006	8.5.2006
2007	17.4.2007	22.4.2007	22.4.2007	23.4.2007
2008	20.4.2008	27.4.2008	27.4.2008	2.5.2008
2009	17.4.2009	21.4.2011	22.4.2009	4.5.2009
2010	21.4.2010	26.4.2010	27.4.2010	5.5.2010
2011	13.4.2011	20.4.2011	21.4.2011	2.5.2011
2012	21.4.2012	26.4.2012	27.4.2012	1.5.2012

Glede na izračunane vsote efektivnih temperatur, potrebnih za začetek preleta (217 °C) na spodnji prag 5,6°C smo v letu 2012 tipalno poizkušali napovedati pojav krilatih uši na sekundarnem gostitelju – hmelju. Pričetek preleta smo napovedali 27. 04. 2012, takrat so namreč temperature dosegle potrebne vsote za prelet. Prva krilata uš se je na hmelju pojavila 01. 05. 2012, kar je komaj 3 dni kasneje. Zato lahko zaenkrat trdimo, da vsota efektivnih temperatur (217°C) pri spodnjem pragu 5,6 °C za pojav krilatih uši ustreza. Poleg napovedi pojava prve krilate uši v naravi smo poskusili napovedati tudi konec preleta, ki bi po izračunih naj bil 15. 6. 2012 in naj bi trajal 45 dni. Dejansko je bil prelet krilatih uši na hmelj v letu 2012 zaključen 6. 6., kar je bilo 8 dni prej od predvidevanja.

**Preglednica 3:** Vsota efektivnih temperatur v času preleta hmeljeve listne uši (*Phorodon humuli*) ter dolžina preleta (število dni), Žalec 2000–2012

**Table 3:** Degree-day during the time of flight the damson hop aphid (*Phorodon humuli*), and length of flight (No. of days), Žalec 2000–2012.

Leto	Vsota efektivnih temperatur od začetka do konca preleta krilatih uši	Začetek preleta	Konec preleta	Trajanje (dni)
2000	721,4	29.4.	21.6.	54
2001	719,1	5.5.	1.7.	58
2002	487,9	4.5.	11.6.	39
2003	605,7	4.5.	15.6.	43
2004	536,5	8.5.	27.6.	51
2005	632,9	10.5.	29.6.	51
2006	577,9	8.5.	25.6.	49
2007	401,3	23.4.	30.5.	38
2008	518,3	2.5.	16.6.	45
2009	566,9	4.5.	17.6.	44
2010	546,5	5.5.	18.6.	44
2011	562,6	2.5.	20.6.	50
2012	398,8	1.5.	6.6.	37
povprečje	559,3			46,4

Ker začetek preleta napoveduje čas aplikacije, je najpomembnejši podatek, ali ustrezajo izračunani datumi aplikacije dejansko izvedenim aplikacijam. Za določitev datuma uporabe insekticida smo k datumu doseženih vsot efektivnih temperatur (217°C) nad temperaturnim pragom 5,6°C dodali 47 dni (povprečna dolžina preleta krilatih uši). V preglednici 4 so podani izračunani datumi ter dejanski datumi uporabe insekticidov.

Iz rezultatov je razvidno, da so izračunani datumi uporabe insekticidov primerljivi z dejanskimi datumi uporabe insekticidov. Ker pa vemo, da je trajanje preleta le eden izmed faktorjev, ki določa čas aplikacije, je potrebno upoštevati v izračunih še drug odločilen dejavnik, to je fenofazo oziroma višino hmelja. Namreč insekticide s sistemskim načinom delovanja je potrebno uporabiti še pred fenofazo cvetenja.

Prvo krilato obliko hmeljeve listne uši običajno najdemo v naravi, ko je dosežena temperaturna vsota 217 °C nad pragom 5,6 °C. Dolžina preleta krilatih uši pri nas

običajno traja v povprečju 46 dni. Odstopanja so običajno v ekstremnih letih, ko je v obdobju preleta uši v maju zelo suho in toplo obdobje.

**Preglednica 4:** Predvideni datumi uporabe insekticidov pri doseženi vsoti temperatur nad temperaturnim pragom 5,6°C (lokacija Žalec 2000 – 2012)

**Table 4:** Expected dates of insecticides application by degree-day, above the threshold of 5.6 °C (location Žalec 2000-2012).

Leto	Datumi doseženih vsot efektivnih temperatur (217 °C) nad pragom 5,6 °C	Izračunan datum uporabe insekticida	Datum dejanske uporabe insekticida
2000	20.4.2000	2.6.2000	8.6.2000
2001	8.4.2001	23.5.2001	5.06.2001
2002	26.4.2002	8.6.2002	11.06.2002
2003	2.5.2003	14.6.2003	10.06.2003
2004	3.5.2004	15.6.2004	16.6.2004
2005	30.4.2005	12.6.2005	22.6.2005
2006	29.4.2006	11.6.2006	20.6.2006
2007	22.4.2007	4.6.2007	8.6.2007
2008	27.4.2008	9.6.2008	12.6.2008
2009	22.4.2009	4.6.2009	3.6.2009
2010	27.4.2010	9.6.2010	11.6.2010
2011	21.4.2011	3.6.2011	9.6.2011
2012	27.4.2012	13.6.2012	5.6.2012

## 10 LITERATURA

- Campbell C.A.M., Muir R.C. Flight activity of the damson-hop aphid, *Phorodon humuli*. *Annals of Applied Biology*. 2005; 109-118.
- Campbell C.A.M., Pettersson J., Pickett J.A., Wadhams L.J., Woodcock C.M. Spring migration of damson-hop aphid, *Phorodon humuli*, and summer host plant-derived semiochemicals released on feeding. *Journal of chemical ecology*. 1993; 1569-1575.
- Dolar M. Prispevek k ekologiji hmeljne uši-I. Jugoslovanski simpozij za hmeljarstvo, Velenje. 1962; 25-26.
- Darby P. The inheritance of resistance to aphids from the new UK variety „BOADICEA”. Proceedings of the Scientific Commission IHGC International Hop Growers` Convention, León, Spain. 2009.
- Hornung U. Zur biologie der hopfenblattlaus. Hopfenrundschau. 1973; 188-192.
- Kač M. *Phorodon humuli*.-Kolektiv autora-Priručnik izveštanje i prognozne službe zaštite poljoprivrednih kultura. Savez društava za zaštitu bilja Jugoslavije, Beograd. 1984; 321-323.

- Priročnik za hmeljarje. Hmeljeva listna uš. Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Žalec. 2002; 67.
- Taimr L., Holman J., Hodan L., Križ J. Spring migration of the hop aphid, *Phorodon humuli*. *Acta entomologica bohemoslovaca*. 1979; 10-21.
- Thomas G.G., Goldwin G.K. Associations between weather factors and the spring migration of the damson-hop aphid, *Phorodon humuli*. *Ann. appl. Biol.* 1983; 7-17.
- Vostrel J., Klapal I., Kudrna T. Prognosis of damson-hop aphid (*Phorodon humuli* Schrank) within hop protection management in Czech Republic. International Hop Growers Convention. 2009.
- Worner S.P., Tatchell G.M., Woiwod I.P. Predicting spring migration of the damson-hop aphid *Phorodon humuli*, from historical records of host-plant flowering phenology and weather. *Journal of applied ecology*. 1995; 17-28.
- Žolnir M. Biologija hmeljeve listne uši v Savinjski dolini. Zaključno poročilo. 1978.
- Žolnir M. Prognoza pojava hmeljeve uši (*Phorodon humuli*) in signalizacija rokov za njeno zatiranje. Zbornik predavanj in referatov s 3. Slovenskega posvetovanja o varstvu rastlin. 1997; 153-158.

## **HMELJEVA PERONOSPORA (*Pseudoperonospora humuli*): BIOLOGIJA, STRATEGIJA VARSTVA NASADOV IN OSNOVE PROGNOZE**

Sebastjan RADIŠEK<sup>1</sup>, Gregor LESKOŠEK<sup>2</sup>, Magda RAK CIZEJ<sup>3</sup>,  
Alenka FERLEŽ RUS<sup>4</sup>

UDK / UDC 633.791:632.9:582.244(045)

strokovni članek / professional article

prispelo / received: 3. oktober 2012

sprejeto / accepted: 13. november 2012

### **Izveleček**

Hmeljeva peronospora (*Pseudoperonospora humuli*) je gospodarsko najpomembnejša bolezen hmelja, saj lahko brez ustreznega varstva rastlin popolnoma uniči pridelek ali celo povzroči odmiranje korenike hmelja. Varstvo nasadov temelji na integriranih pristopih, ki vključujejo vzgojo odpornih sort, fitosanitarne ukrepe, spremljanje in napovedovanje optimalnega časa škropljenja, ter upoštevanje tehnologij pridelave, ki ne stimulirajo razvoj bolezni. V prispevku podrobno predstavljamo biologijo te nevarne plesnivke, varovanje nasadov in izvajanje prognoze v Sloveniji.

**Ključne besede:** oomicete, bolezni rastlin, prognoza, hmelj, *Humulus lupulus* L., hmeljeva peronospora, *Pseudoperonospora humuli*, varstvo rastlin

## **HOP DOWNY MILDEW (*Pseudoperonospora humuli*): BIOLOGY, PLANT PROTECTION STRATEGY AND DISEASE FORECASTING**

### **Abstract**

Hop downy mildew (*Pseudoperonospora humuli*) is economically the most important hop disease. Without an appropriate disease management it could cause a serious yield loss or even decay of the hop rootstock. Disease management is based on integrated approaches which include breeding for resistance, phytosanitary measures, forecasting service and application of technologies which reduce

---

<sup>1</sup> Dr., univ. dipl. inž. agr., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Cesta Žalskega tabora 2, 3310 Žalec, e-pošta: sebastjan.radisek@ihps.si

<sup>2</sup> Univ. dipl. inž. agr., prav tam, e-pošta: gregor.leskosek@ihps.si

<sup>3</sup> Dr., univ. dipl. inž. agr., prav tam, e-pošta: magda.rak-cizej@ihps.si

<sup>4</sup> Univ. dipl. inž. agr., prav tam, e-pošta: alenka.ferlez@ihps.si



infection potential. In this paper biology of this dangerous oomycete, the protection of hop plantations and forecasting activities in Slovenia are present.

**Key words:** oomycetes, plant diseases, disease forecasting, hop, *Humulus lupulus* L., hop downy mildew, *Pseudoperonospora humuli*, plant protection

## 1 UVOD

Hmeljeva peronospora je najpomembnejša bolezen hmelja, ki jo povzroča oomiceta *Pseudoperonospora humuli* (Miyabe & Takah.) G.W. Wilson. Povzroča lokalizirane infekcije listja, cvetov in storžkov, ter sistemične infekcije, katerih posledica je moten razvoj poganjkov (kuštravci) in propadanje koreninskega sistema. Hmeljevo peronosporo so prvič odkrili leta 1905 na Japonskem, leta 1909 v ZDA, 1920 pa v Angliji in Italiji. Po Evropi se je nato naglo razširila. Leta 1923 so jo potrdili v Nemčiji (na Bavarskem), leta 1924 v Franciji, leto kasneje pa v Belgiji (Royle in Kremheller, 1981). V Savinjski dolini je bila potrjena leta 1925. V obdobju 1920–1930 je v Evropi povzročila hudo gospodarsko škodo in vplivala na opuščanje pridelave občutljivih sort, kot je na primer Würtnberški hmelj. V tem času so se kot odporne predvsem na primarno okužbo izkazale sorte tipa Golding iz Anglije, ki so se uveljavile tudi v Sloveniji in kasneje s klonsko selekcijo postali sorta Savinjski golding. Preprečevanje hmeljeve peronospore danes temelji na integriranih pristopih, ki vključujejo vzgojo odpornih sort, fitosanitarne ukrepe in uporabo fungicidov na osnovi opazovalno-napovedovalne službe.

## 2 TAKSONOMIJA IN POIMENOVANJA

Taksonomsko je *Pseudoperonospora humuli* uvrščena v kraljestvo Chromista, deblo Peronosporomycotina, razred Peronosporomycetes (Oomycetes), red Peronosporales in družino Peronosporaceae. V starejši literaturi lahko njene opise najdemo tudi pod sinonimi kot so *Peronoplasmopara humuli* Miyabe & Takah., (1905), *Peronospora humuli* (Miyabe & Takah.) Skalický, (1966), *Plasmopara humuli* (Miyabe & Takah.) Sacc., (1912) (Index Fungorum, 2012).

## 3 BOLEZENSKA ZNAMENJA

Hmeljeva peronospora se lahko razvija na vseh organih rastline hmelja, pri čemer povzroča sistemične in lokalne okužbe. Značilno sistemično okužbo, ki omogoča prezimitev te plesnivke, lahko opazimo na prerezu korenike hmelja in na podzemnem stebelu. Obolelo tkivo je vijolično rdeče barve, ki se koncentrično širi in zajema prevodno tkivo. Prizadeta korenika lahko daje tudi do 30 % nižji

pridelek, v primeru občutljivih sort pa prihaja do propadanja in odmiranja celotne rastline. Iz sistemsko okuženih korenin in brstov spomladi poženejo okuženi poganjki (primarni bazalni kuštravci), ki jih prepoznamo po skrajšanih in odebeljenih med-členkih ter rumenkastih navzdol obrnjenih listih. Ob ugodnih razmerah se na spodnji strani listov razvije vijolično-sivkasta prevleka tronoscev s sporami, ki predstavljajo vir nadaljnjih sekundarnih okužb v nasadu. V primeru kasnejših sekundarnih okužb rastnega vršička poganjkov lahko nastanejo tudi sekundarni kuštravci, ki jih glede na lego okuženega poganjka imenujemo lateralni ali terminalni kuštravci. Sekundarne okužbe nastanejo kot rezultat lokalnih okužb listja, cvetja in storžkov. Na okuženih listih se na zgornji strani listne ploskve pojavijo blede rumene pege, ki se kasneje spremenijo v nekroze, omejene z listnimi žilami. Na spodnji strani listov se na pegah razvije temno sivkasta prevleka, ki ji sestavljajo tronosci in trosovniki. Oboleli cvetovi porjavijo in otrdijo ter kasneje odpadejo. Okužba na storžkih se razvije na braktejah in brakteolah, ki prav tako porjavijo. Če so okuženi mladi storžki, se le-ti deformirajo, pri starejših že razvitih storžkih pa porjavijo le posamezni krovni lističi (Johnson in sod., 2009; Royle in Krehmeller, 1981).

#### 4 GOSTITELJSKE RASTLINE IN GEOGRAFSKA RAZŠIRJENOST

Primarni in glavni gostitelj *Pseudoperonospora humuli* je navadni hmelj (*Humulus lupulus*), v manjšem obsegu pa lahko okuži tudi japonski hmelj (*Humulus japonicus*), nekatere vrste kopriv (*Urtica* spp.), kumare (*Cucumis sativus*) in plevelni vrsti rdečejagodasti bluščec (*Bryonia dioica*) ter divjo bučko (*Sicyos angulatus*) (Runge in Thines, 2011). Hmeljeva peronospora je razširjena v večini hmeljarskih dežel in območij rastišč divjega hmelja, razen Avstralije, Nove Zelandije in Južne Afrike, kamor se do sedaj zaradi strogih fitosanitarnih ukrepov še ni prenesla (Johnson in sod., 2009).

#### 5 RAZVOJNI CIKEL IN EPIDEMIOLOGIJA

*Pseudoperonospora humuli* spada med obligatne parazite, ki za svoj razvoj nujno potrebujejo živo tkivo gostitelja. Prezimi kot medcelični micelij v okuženi koreniki in brstih, ki se večinoma okužijo v jesenskem času pred nastopom dormance. Vloga spolnih spor (oospor), ki se jeseni razvijejo na obolelem tkivu, pri prezimitvi in razvojnem krogu še ni docela razjasnjena, saj do sedaj raziskovalcem še ni uspelo inducirati njihovega kaljenja. Oospore so okrogle in gladke oblike premera 22-42 µm (Johnson in sod., 2009). Iz okuženih brstov in korenike poženejo bazalni kuštravci, ki so vir primarne okužbe in imajo moteno rast zaradi okuženega apikalnega meristema. Ob vlažnem in deževnem vremenu na spodnji strani listov iz

listnih rež poženejo množice trosonoscev s trosovniki, ki skupaj ustvarijo plesnivo prevleko. Trosonosci so dihotojno razvejani velikosti 190–430  $\mu\text{m}$ . Na konicah trosonoscev se razvijajo posamezni trosovniki, ki so jajčaste oziroma elipsaste oblike velikosti 22–26  $\mu\text{m}$  x 15–18  $\mu\text{m}$  z izrazito papilo. Trosovniki se prenašajo z vetrom in vodo, v kateri kalijo in sprostijo 4–8 zoospor, premera 7–8  $\mu\text{m}$ . Zoospore imajo dva bička, ki jim omogočata premik do listne reže, kjer se encistirajo, odvržejo bičke in skozi odprtino listne reže poženejo klični mešiček. Na posamezno listno režo se pri *P. humuli* encistira samo ena zoospora, za razliko od na primer peronospor vinske trte (*Plasmopara viticola*), kjer se encistira več zoospor na listno režo. Iz kličnega mešička požene v rastlinsko tkivo penetracijska hifa, s čimer je ustvarjena okužba. Kolonizacija okuženega lista poteka preko medceličnega micelija, ki se večinoma razvija v mezofilu in delno v palisadnem tkivu, pri čemer s sesalnimi bradavicami (havstoriji) iz posameznih celic črpa hranila (Johnson in sod., 2009; Royle in Kremheller, 1981).

Sporulacija trosonoscev poteka izključno v temni fazi pri visoki relativni vlagi, ki mora biti vsaj 90 %, pri optimalni temperaturi 16–20°C in minimalni temperaturi 5°C. Segrevanje in osuševanje zraka v jutranjih urah povzroči učinek krivljenja in zvijanja trosonoscev, kar pripomore k sproščanju trosovnikov. Tako je sproščanje trosovnikov najintenzivnejše ob nizki relativni vlagi, kar pomeni v dopoldanskih urah, ko jih zračni tokovi prenašajo do rastlin. Povišane koncentracije trosovnikov v zraku se zaznajo tudi ob pričetku padavin, ko kapljice z mehanskim tresenjem sprostijo trosovnike. Prisotnost vode na listih je bistvenega pomena za kalitev trosovnikov, ki sproščajo zoospore pri omočenosti lista nad 1 uro pri temperaturah od 5–28°C z optimalno temperaturo med 20–22°C. V poskusnih razmerah se sproščanje zoospor začne pri 1,5°C, pri 30°C pa preneha. Kalivost zoospor z njihovo starostjo upada, posebno pri nizki relativni zračni vlažnosti. Okužba listja in storžkov nastane 1–2 uri po kalitvi trosovnikov pri temperaturi 15–29 °C in pri odprtih listnih režah. Pri nižjih temperaturah kot 5°C mora biti omočenost listja za nastanek okužbe vsaj 24 ur. Če so listi pri optimalni temperaturi mokri več kot 8 ur, okužba ne narašča več. Okužbe poganjkov zahtevajo daljše obdobje omočenosti, ki je med 3–6 ur v temperaturnem intervalu 8–23 °C. Prva bolezenska znamenja na listih se razvijejo 3–10 dni po okužbi v odvisnosti od temperature (7–28°C). Razvoj kuštravih poganjkov pa je daljši in je od 7–22 dni (Johnson in sod., 2009; Royle in Kremheller, 1981).

## 6 VARSTVO RASTLIN

Varstvo hmelja pred hmeljevo peronosporo temelji integriranih pristopih, ki vključuje vzgojo genetsko odpornih sort, fitosanitarne ukrepe, spremljanje in napovedovanje optimalnega časa škropljenja, ter upoštevanje tehnologij pridelave,

ki negativno vplivajo na razvoj bolezni. Preprečevanje hmeljeve peronospore se prične spomladi z zatiranjem primarne okužbe oziroma pojava primarnih kuštravcev, ki predstavljajo vir nadaljnjih okužb v nasadu. Poleg mehaničnega odstranjevanja okuženih brstov v času rezi in kuštravcev v času navijanja hmelja zatiranje primarne okužbe temelji na uporabi sistemskih fungicidov. Od teh sta najpogosteje uporabljena fungicida na osnovi aktivne snovi fosetil-Al in metalaksil-M, od katerih zadnji omogoča tudi zdravljenje korenike hmelja. Uporabo sistemskih fungicidov svetujemo, če v nasadu delež rastlin s kuštravci presega 3 %. Ker se bazalni kuštravci ne pojavijo vsako leto tako zgodaj, se lahko za uporabo fungicidov odločimo tudi na osnovi pojava kuštravcev v prejšnjem letu in glede na občutljivost sort. Hmeljišča se v času vegetacije povprečju škropijo 4–6-krat, odvisno od vremenskih razmer ter sorte. V večini primerov se uporabljajo pripravki s kontaktnim delovanjem, kot so fungicidi na osnovi aktivnih snovi Cu – hidroksid, Cu – oksiklorid, Cu – sulfat, folpet, ditianon. V kolikor v nasadih pride do okužb, pa uporabimo že omenjene pripravke, ki vsebujejo sistemske fungicide (fosetil-Al, cimoksanil, metalaksil).

## **7 SPREMLJANJE IN NAPOVEDOVANJE POJAVA**

Napovedovanje pojava hmeljeve peronospore temeljili na spremljanju meteoroloških in biotičnih dejavnikov, med katerimi so pomembni občutljivost sort, razvojni stadij hmelja in prisotnost trosovnikov v zraku. Pojav primarne okužbe (kuštravcev) spremljamo vizualno, medtem ko pojav sekundarnih okužb spremljamo s pomočjo lovilcev spor, s čimer pridobimo zanesljive podatke o dinamiki infekcijskega pritiska. Na osnovi proučevanja epidemioloških lastnosti so bili v letih 1970–1990 v pomembnejših hmeljarskih deželah (ZDA, Nemčija, Anglija, Češka in Slovenija) razviti in vpeljani sistemi za napovedovanje pojava sekundarnih okužb, ki temeljijo večinoma na modelih Royle-Kremheler (1979; 1981) in Dolinar (1985) ter Johnson (1991), ki napoveduje pojav primarne okužbe (Gent in sod., 2010). V Sloveniji se je intenzivno proučevanje epidemiologije hmeljeve peronospore pričelo leta 1976, ki je bilo osnova za razvoj prognostičnega modela z implementacijo v prakso leta 1986 (Dolinar in Žolnir, 1994). Vpeljava modela in razvoj mreže agrometeoroloških postaj je omogočila bolj usmerjeno uporabo fungicidov in tako zmanjšala število škropljenj, obremenjevanje okolja in stroške varstva rastlin.

### **7.1 Spremljanje pojava primarne okužbe**

Spremljanje in zatiranje primarne okužbe je predpogoj za uspešno napovedovanje in preprečevanje hmeljeve peronospore med vegetacijo. Pojav kuštravih poganjkov ugotavljamo spomladi v času rezi in napeljevanja poganjkov hmelja. V nasadu

ugotavljamo število rastlin, na katerih so se razvili kuštravi poganjki. Če delež rastlin s kuštravci presega 3 %, je presežen prag škodljivosti in je potrebno uporabiti sistemične fungicide.

## 7.2 Spremljanje prisotnosti trosovnikov z lovilecem spor

Pojav trosovnikov spremljamo z lovilci spor, med katerimi se najpogosteje uporablja standardni 7-dnevni vakuumski lovilec spor (Burkard, UK), ki deluje na principu Hirstovega lovilca, razvitega leta 1952. Lovilec ima pretok 10 L/min z zasukom lovilnega bobna za 360° v sedmih dneh. Na lovilnem bobnu se tedensko namesti PVC trak, ki je premazan z vazelinskim mazilom, na katerega se ujamejo spore. Po 7 dneh se trak odstrani in s pomočjo prilagojene šablone razreže na dnevne odseke. Razrezani odseki se preparirajo z anilinskim modrilom, ki prodre v membrane trosovnikov in jih obarva v modro, kar olajša mikroskopiranje. Preparati se pregledajo pod 100× povečavo s svetlobnim mikroskopom, pri čemer se štejejo dnevni ulovi spor. Spremljanje dinamike spor se prične v začetku meseca maja s postavitvijo lovilcev v nasade večjih kompleksov hmeljišč in ekoloških območij. V zadnjih petih letih hmeljarska območja Slovenije pokrivamo s petimi lovilci, ki se nahajajo na referenčnih točkah neposredno ob agrometeoroloških postajah. Na območju Savinjske doline se tako nahajajo trije lovilci spor, od katerih sta dva postavljena na obrobju doline (Založe in Tabor), osrednjo točko pa predstavlja lovilec na lokaciji Žalec. Ostali dve točki spremljanja predstavljata lovilca spor na območju Vojnika in Radljah ob Dravi.

## 7.3 Prognoistični modeli

Najpogosteje uporabljena modela napovedovanja pojava sekundarnih okužb hmeljeve peronospore Royle-Kremheller (1979; 1981) in Dolinar (1985) temeljita na spremljanju meteoroloških razmer v hmeljišču in uporabljata analizo multiple regresije, ki ima kot odvisno spremenljivko pogostost okužbe na listih, neodvisne spremenljivke pa so naslednje:

- Vsota temperaturnih ekvivalentov ( $T - T_{\min} / T_{\max} - T_{\min}$ ), ki upoštevajo minimalno (5°C) in maksimalno (25°C) temperaturo za razvoj hmeljeve peronospore v času omočenosti listja. Za okužbo mora biti vsota temperaturnih ekvivalentov izračunanih po urah omočenosti listja večja od 0,36.
- Omočenost listja zaradi dežja, kar je najpomembnejši dejavnik, s katerim se da razložiti do 74 % variabilnosti okužbe; listje mora biti za uspešno okužbo mokro vsaj 2 uri, upoštevamo pa le do 8 ur mokro listje podnevi. Okužbe pri rosi ni.
- Svetloba, pri kateri so listne reže odprte, da skozi zoospore poženejo klični mešiček. Svetloba pospešuje tudi kalitev trosovnikov.
- Prisotnost trosovnikov, ki jih spremljamo z lovilci spor.

Model Royle in Kremheller računa jakost okužbe (Y) iz podatkov o omočenosti listja in o koncentraciji zoosporangijev v zraku; večja Y vrednost pomeni močnejšo okužbo. Model Dolinarjeve pa izračunava Y vrednost iz trajanja omočenosti listja pri določeni temperaturi zraka in upošteva Y le kot »Da – Ne« prognozo. Zanimari torej jakost okužbe, ker je za pridelovalne razmere pomembno le, če so razmere za okužbo izpolnjene ali ne. Namreč tudi manj močna okužba povzroči gospodarsko škodo na pridelku hmelja, ker je poslabšan estetski videz storžkov.

Komercialni programski paket Adcon Agroexpert (Adcon Telemetry, Klosterneuburg, Avstria), ki se od leta 1996 uporablja v Sloveniji, temelji na modelu Royle-Kremheller in izračunava index (Y), ki lahko ima vrednost med -0,2 in 1,0 in temelji izključno na meteoroloških podatkih. Negativne vrednosti Y pomenijo razmere brez nevarnosti, medtem ko vrednosti nad 0 že predstavljajo potencialne infekcije. Programsko pred-nastavljena vrednost praga okužbe za izdajo opozorila je 0,2. Preizkušanje Adcon modela, ki sta ga izvedli Knapič in Dolinar (1997), je pokazala, da je vrednost indeksa 0,2 previsoka za Slovenijo, saj je model premalokrat napovedal okužbo. Zato je sedaj indeks prilagojen na znižano vrednost  $Y=0,05$ , ki zajame vse okužbe z upoštevanjem meteoroloških dejavnikov. Pogostejša opozorila pa ne pomenijo več škropljenj, saj se upoštevajo samo takrat, če so izpolnjeni tudi biotični pogoji (prisotnost trosovnikov, fenološka faza). Torej, če lovilci spor ne zaznajo prisotnosti trosovnikov ali so ti pod pragom škodljivosti, se opozorilo za okužbo zanemari.

Kritično število trosovnikov je določeno za občutljive in odpornejše sorte. V primeru odpornih sort je prag škodljivosti v času pred cvetenjem 40 trosovnikov v štirih zaporednih dneh, v času cvetenja in po njem pa 10 trosovnikov. Pri občutljivih sortah pa je prag škodljivosti presežen, če v času pred cvetenjem zaznamo 10 trosovnikov in v času cvetenja ter po njem 5 trosovnikov v štirih zaporednih dneh. V primeru preseženega pragu signaliziramo škropljenje, ki se mora izvesti v obdobju inkubacijske dobe 5–6 dni (Dolinar in Žolnir, 1994). Kot biotični dejavnik se upošteva tudi fenološka faza, pri čemer sta najbolj občutljivi fazi cvetenje in formacija mladih storžkov. Zato se škropljenja v cvet signalizirajo ne glede na populacijo trosovnikov in vremenske razmere. Prvo škropljenje s preventivnimi pripravki se signalizira v času, ko hmelj cveti na spodnjem delu rastline, drugo pa, ko je hmelj v polnem cvetju. Opozorila za nevarnost okužb tako izdajamo, ko so izpolnjeni naslednji pogoji: (1) presežen prag trosovnikov, (2) občutljiva fenološka faza cvetenja in razvoja storžkov in (3) presežena vrednost indeksa  $Y>0,05$ , kot ga javi prognostični model Adcon (Knapič in Dolinar, 1997).

## 8 LITERATURA

- Dolinar M. Epifitotiološke raziskave hmeljne peronospore (*Pseudoperonospora humuli* Miy. et Takah) in izdelava modela za napoved okužb v razmerah Savinjske doline. VI. *Jugoslovanski simpozij za hmeljarstvo*. 1985; 259-268.
- Knapič V., Dolinar M. Primerjava modelov za prognozo hmeljeve peronospore (*Pseudoperonospora humuli* Miyabe et Takah). *Zbornik predavanj in referatov s 3. Slovenskega posvetovanja o varstvu rastlin*. 1997; 167-172.
- Dolinar M., Zolnir M. Schwellenorientiertes Entscheidungsschema für epidemiebezogene Bekämpfung der Hopfenperonospora (*Pseudoperonospora humuli* Miy. et Tak.). Die Bodenkultur. *Journal für landwirtschaftliche Forschung*. 1994; (4): 49-56.
- Gent D.H., Ocamb C.M., Farnsworth J.L. Forecasting and management of hop downy mildew. *Plant Disease*. 2010; (94): 425-431.
- Index Fungorum (november 2012). Dostopno na:  
<http://www.indexfungorum.org/names/NamesRecord.asp?RecordID=119090>
- Johnson D.A. Two degree day models for predicting initial emergence of hop shoots systemically infected with *Pseudoperonospora humuli*. *Plant Disease*. 1991; (75): 285-287.
- Johnson D.A., Engelhard B., Gent D.H. Downy Mildew. Mahaffee W.M., Pethybridge S.J., and Gent D.H. (eds). *Compendium of Hop Diseases and Pests*, APS Press, St. Paul, MN. 2009; 18-22.
- Royle D.J. Prediction of hop downy mildew to rationalize fungicide use. *Rep. Dep. Hop Res. Wye Coll., 1978*. 1979; 49-57.
- Royle D.J., Kremheller H.Th. Downy mildew of the hop. Spencer D.M. (ed). *The downy mildews.*, Academic Press, New York. 1981; 395-419.
- Runge F., Thines M. Reevaluation of host specificity of the closely related species *Pseudoperonospora humuli* and *P. cubensis*. *Plant Disease*. 2012; (96): 55-61.

**KUMARNA PLESEN (*Pseudoperonospora cubensis*):  
BIOLOGIJA, EPIDEMIOLOŠKE LASTNOSTI IN VARSTVO  
RASTLIN**

Sebastjan RADIŠEK<sup>1</sup>, Alenka FERLEŽ RUS<sup>2</sup>

UDK / UDC 635.63:632.9:582.244(045)

strokovni članek / professional article

prispelo / received: 10. oktober 2012

sprejeto / accepted: 13. november 2012

**Izvleček**

Kumarna plesen (*Pseudoperonospora cubensis*) spada med gospodarsko najpomembnejše bolezni kumar ter ostalih rastlin iz družine bučevk. Varstvo rastlin pred to boleznijo temelji na integriranih pristopih, ki vključujejo gojenje odpornih sort, spremljanje in napovedovanje optimalnega časa škropljenja, ter upoštevanje tehnologij pridelave, ki ne stimulirajo razvoj bolezni. V prispevku podrobno predstavljamo biologijo te nevarne plesnivke, varstvo rastlin in izvajanje prognoze v Sloveniji.

**Ključne besede:** oomicete, bolezni rastlin, prognoza, kumare, kumarna plesen, *Pseudoperonospora cubensis*, varstvo rastlin

**CUCURBIT DOWNY MILDEW (*Pseudoperonospora cubensis*):  
BIOLOGY, EPIDEMIOLOGY AND PLANT PROTECTION**

**Abstract**

Cucurbit downy mildew (*Pseudoperonospora cubensis*) is economically the most important disease of cultivated cucurbits. The disease management is based on integrated measurements which include planting resistant varieties, disease forecasting and technologies that reduce infection potential. In this article, we present biology of this pathogenic oomycete, the protection of plants and forecasting activities in Slovenia.

**Key words:** oomycetes, plant diseases, disease forecasting, cucurbits, cucurbit downy mildew, *Pseudoperonospora cubensis*, plant protection

---

<sup>1</sup> Dr., univ. dipl. inž. agr., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Cesta Žalskega tabora 2, 3310 Žalec, e-pošta: sebastjan.radisek@ihps.si

<sup>2</sup> Univ. dipl. inž. agr., prav tam, e-pošta: alenka.ferlez@ihps.si



## 1 UVOD

Kumarna plesen, ki jo povzroča oomiceta *Pseudoperonospora cubensis*, je ena izmed najbolj razširjenih in pomembnih boleznih kumar ter ostalih rastlin iz družine bučevk (Cucurbitaceae). Kumarna plesen lahko brez ustreznega varstva rastlin povzroči znatno ali popolno uničenje pridelka, zato je pomembno, da je njeno spremljanje vključeno v programe opazovalno napovedovalne službe. Bolezen je najbolj agresivna na območjih zmerne in subtropskega pasu, kjer prihaja do obdobja pogostih padavin in visoke vlage. V Sloveniji smo jo prvič zaznali leta 1988 (Celar, 1989) in od takrat se redno pojavlja v nasadih kumar, v obdobju zadnjih petih let pa je vse pomembnejša tudi pri pridelavi buč (Vajs in sod., 2011).

## 2 TAKSONOMIJA IN POIMENOVANJA

*Pseudoperonospora cubensis* (Berk. et Curt.) Rost. je bila prvič opisana leta 1868 na osnovi proučevanj herbariziranega rastlinskega materiala s Kube, ki sta jih izvajala Berkeley in Curtis. Takrat je bil tudi prvič identificiran nov rod *Pseudoperonospora* Berkeley skupaj z opisom nove vrste *P. cubensis*, ki je poimenovana po Kubi. Na živih rastlinah je *P. cubensis* prvič opazoval in opisal ruski raziskovalec Rostovzev leta 1903 v Botaničnih vrtovih Moskve. Po zadnji taksonomski klasifikaciji je *P. cubensis* uvrščena v kraljestvo Chromista, deblo Peronosporomycotina, razred Peronosporomycetes (Oomycetes), red Peronosporales in družino Peronosporaceae. V literaturi lahko njene opise najdemo tudi pod sinonimi kot so *Peronospora cubensis*, *Plasmopara cubensis* in *Peronoplasmopara cubensis* (Lebeda in Cohen, 2011).

## 3 BOLEZENSKA ZNAMENJA

*Pseudoperonospora cubensis* je patogen listne mase, v redkih primerih pa je možno okužbe opaziti tudi na plodovih in steblih melon. Gostiteljske rastline so lahko okužene v vseh fazah razvoja, vendar so simptomi na novih, mladih listih zelo redki, čeprav so klični listi bolj dovzetni za bolezen. Prva bolezenska znamenja najpogosteje opazimo pred oblikovanjem plodov v mesecu juniju in juliju. Na zgornji strani listov najprej opazimo okrogle svetlo zelene pege (mozaičen videz), ki se postopoma povečujejo in zaradi omejenosti z listnimi žilami dobivajo oglato obliko ter rumeno rjavo barvo. Na spodnji strani listov v začetni fazi opazimo vodene oglate pege, ki postopoma razvijejo umazano modro sivo prevleko, sestavljeno iz množice trosonoscev s trosovníki. Z napredovanjem bolezni se povečuje število peg, ki se lahko tudi združujejo in prizadenejo listno maso do faze odmrta. Zmanjšanje asimilacijske površine vodi v slabši razvoj plodov in njihove

deformacije (Thomas, 1996). Stopnja prizadetosti rastlin je odvisna od vrste in sorte bučevk, saj poznamo različne patotipe in vire odpornosti. Podobna bolezenska znamenja lahko na kumarah povzroči tudi bakterija *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans*, ki pa za razliko od *P. cubensis* napade tudi plodove (Maceljski in sod., 2004).

#### 4 GOSTITELJSKE RASTLINE IN GEOGRAFSKA RAZŠIRJENOST

*Pseudoperonospora cubensis* je specializirana za parazitiranje rastlin iz obsežne družine bučevk (Cucurbitaceae), ki vključuje 118 rodov in 825 rastlinskih vrst. Do sedaj je kot patogen opisana na več kot 40 vrstah iz 20 rodov bučevk, med katerimi prevladujejo vrste iz rodov *Cucumis*, *Cucurbita* in *Citrullus*, okuži pa lahko tudi nekatere druge rastlinske vrste, kot sta na primer hmelj (*Humulus lupulus*) in *Impatiens irvingii*. V Evropi povzroča škodo predvsem na najpogostejše razširjenjih bučevkah, kot so kumare (*Cucumis sativus*), melone (*C. melo*), buče (*Cucurbita pepo* in *C. maxima*) in lubenice (*Citrullus lanatus*). Dokazana je tudi gostiteljska specializacija in razdelitev na pet različnih patotipov (Thomas in sod., 1987). *P. cubensis* je razširjena po celotnem območju zmernega in subtropskega pasu. Najdemo jo v Avstraliji, Afriki, Severni in Južni Ameriki, Aziji in v Evropi (Lebeda in Cohen, 2011).

#### 5 RAZVOJNI CIKEL IN EPIDEMIOLOGIJA

*Pseudoperonospora cubensis* spada med policiklične biotrofe oziroma obligatne parazite, ki za svoj razvoj in razmnoževanje nujno potrebujejo živo tkivo gostitelja. V toplejših krajih in zaprtih prostorih večinoma prezimi na okuženih bučevkah, tvori pa lahko tudi spolne spore (oospore), katerih pojav je še večinoma redek in neraziskan. Prav tako je še nejasen primarni vir okužbe in prezimovanje v krajih zmernega pasu, kjer nizke temperature ne omogočajo preživetja na gostiteljih. Raziskave kažejo manjšo vlogo oospor pri prezimitvi *P. cubensis* (Lebeda in Urban, 2004), zato se epidemiološko postavlja večji pomen vlogi zračnih mas iz toplejših krajev, ki lahko prenašajo trosovnike iz oddaljenih krajev (Lebeda in Cohen, 2011). *Pseudoperonospora cubensis* na spodnji strani listov tvori trosonosce, ki poženejo iz listnih rež. So značilno dihotojno razvejani, velikosti 180–400 x 5.4–7.2 µm. Na konicah trosonoscev se razvijajo posamezni trosovniki, ki so jajčaste oziroma elipsaste oblike velikosti 15–25 x 20–35 µm. Skozi faze razvoja so od svetlo sive do temno vijolične barve. Najlažje se prenašajo z vetrom ali z vodo. Trosovniki ob prisotnosti vode (dež ali rosa) kalijo in sprostijo 5–15 zoospor, ki merijo od 8–12 µm. Zoospore imajo dva bička, ki jim omogočata premik do listne reže, kjer se encistirajo, odvržejo bičke in skozi odprtino listne

reže poženejo klični mešiček. Iz kličnega mešička požene v rastlinsko tkivo penetracijska hifa, s čimer je ustvarjena okužba. Kolonizacija okuženega lista poteka preko intercelularnega micelija, ki se večinoma razvija v mezofilu in delno v palisadnem tkivu, pri čemer s sesalnimi bradavicami (havstoriji) iz posameznih celic črpa hranila (Lebeda in Cohen, 2011).

Razvoj trosonoscev iz listnih rež je mogoč samo pri visoki relativni vlagi, ki mora biti 90 % ali več ne glede na izpostavljenost svetlobi ali temi. Za razliko od tega poteka sporulacija trosonoscev izključno v temni fazi pri pogojih vsaj 6 urne izpostavljenosti 90–100 % relativne vlage pri temperaturah od 5–30°C, z optimalno temperaturo 15–20°C (Cohen, 1981). Življenjska doba trosovnikov je zelo kratka in ne preseže 48 ur po dozoritvi. Trosonosci in trosovniki zelo hitro reagirajo na spremembe vlage in temperature. Segrevanje in osuševanje zraka v jutranjih urah povzroči učinek krivljenja in zvijanja trosonoscev, kar pripomore k sproščanju trosovnikov. Tako je sproščanje trosovnikov najintenzivnejše ob nizki relativni vlagi in osušenih listih, kar pomeni v pozno dopoldanskih in popoldanskih urah, ko jih zračni tokovi prenašajo do gostiteljev. Prisotnost vode na listih je bistvenega pomena za kalitev trosovnikov, ki sproščajo zoospore pri omočenosti lista nad 1 uro pri temperaturah od 5–28 °C z optimalno temperaturo med 10–20 °C. Zoospore lahko ohranijo viabilnost v vodi tudi do 18 ur, najvišjo stopnjo encistiranja pa dosežejo pri temperaturi 25°C. V optimalnih razmerah lahko tako celoten proces in okužba nastane v 2 urah (Cohen, 1981). Intercelularni micelij tvori havstorije v naslednjih 4 urah. Inkubacijska doba je poleg zunanjih razmer odvisna tudi od koncentracije inokula oziroma števila trosovnikov in je 3–12 dni. Podobno je doba za pojav novih trosonoscev med 4–12 dni. Temperature nad 35°C že zavirajo razvoj bolezni, medtem ko se bolezen hitro razvija v poletnih mesecih s hladnejšimi nočmi, ko so ustvarjeni pogoji za nastanek rose (Thomas, 1996).

## 6 VARSTVO RASTLIN

Varstvo pridelka temelji na integriranih pristopih, ki vključujejo uporabo fitofarmaceutskih sredstev, tehnološke ukrepe, žlahtnjenje odpornih sort in napovedovanje pojava oziroma nastanka okužb. Ker so razmere za nastanek kumarne plesni odvisne od vlage in omočenosti listja, lahko počasnejšemu razvoju bolezni prispevamo s tehnologijami pridelovanja, ki vključujejo bolj zračno vzgojo rastlin (vzgoja na mreži, manjša gostota rastlin ...). Prav tako se izogibamo setvi oziroma sajenju na površine, na katerih so se v preteklem letu pridelovale bučevke. Pridelava naj temelji na odpornih sortah in hibridih, na katerih se bolezen sicer razvije, vendar ne v tako agresivni obliki. Seveda pa je za ustrezno varstvo pridelka nujna uporaba fungicidov, ki jih lahko po načinu prodiranja v rastlinska tkiva razdelimo med kontaktne in sistemične. Kontaktni fungicidi kot so bakrovi

pripravki, karbamati in ftalimidi delujejo predvsem na površini listne mase in preprečujejo kalitev trosovnikov ter encistacijo zoospor, medtem ko sistemski fungicidi prodirajo v rastlino in imajo bolj tarčno delovanje na nekatere pomembne metabolne poti patogeni. Med sistemskimi fungicidi za zatiranje kumarne plesni najpogosteje najdemo fosetil-Al, cimoksamil, metalaksil-M, propomokarb, dimetomorf, zoksamid in mandipropamid. Ključni del vsakega varstva rastlin je pravočasna zaščita pridelka, kjer pomembno vlogo odigrajo opazovalno napovedovalne službe s prognostičnimi modeli (Holmes in sod., 2004; Lebeda in Cohen, 2011).

## **7 SPREMLJANJE IN NAPOVEDOVANJE POJAVA**

Večina prognoznih metod za plesnivke temelji na delu življenjskega kroga, ko se vzpostavlja odnos med parazitom in gostiteljem. To pomeni čas, ko trosovnik prispe na list, prične kaliti in sproščati zoospore, ki se encistirajo in poženejo klični mešiček v notranjost lista. Da ta proces steče, morata biti izpolnjena dva osnovna pogoja:

- omočenost listja, pri čemer je produkt med temperaturo in trajanjem omočenosti listov konstanten in znaša 50–60 stopinjskih ur, ter
- prisotnost trosovnikov.

Prisotnost trosovnikov se spremlja s pomočjo lovilcev spor, s čimer pridobimo zanesljive podatke o dinamiki infekcijskega pritiska ter o začetku in koncu epifitocije. Modeli za prognozo temeljijo na sporulaciji, ki jo predvidijo na podlagi vremenskih dejavnikov (temperature, relativna zračna vlaga, trajanje omočenosti listov) in epifitotoloških lastnosti (Dolinar, 1993). Poleg omenjenega je pomembno pri spremljanju pojava bolezni vključiti tudi spremljanje fenološkega razvoja in vizualno opazovanje nasadov kumar ali ostalih bučevk.

### **7.1 Spremljanje pojava kumarne plesni z lovilci spor**

Pojav trosovnikov se spremlja z lovilci spor, med katerimi se najpogosteje uporablja standardni 7 dnevni vakuumski lovilec podjetja Burkard, ki deluje na principu Hirstovega lovilca, razvitega leta 1952. Lovilec ima pretok 10 L/min z zasukom lovilnega bobna za 360° v sedmih dneh. Na lovilnem bobnu se tedensko namesti PVC trak, ki je premazan z vazelinskim mazilom, na katerega se ujamejo spore. Po sedmih dneh se trak odstrani in s pomočjo prilagojene šablone razreže na dnevne odseke. Razrezani odseki se obarvajo z anilinskim modrilom, ki prodre v membrane trosovnikov in jih obarva v modro, kar olajša mikroskopiranje. Preparati se pregledajo s pomočjo svetlobnega mikroskopa, pri čemer se pod 100-kratno povečavo preštejejo dnevni ulovi trosovnikov.

## 7.2 Vizualna opazovanja in fenologija

V izbranem nasadu, kjer se nahaja lovilec spor, se tedensko opazuje in beleži pojav bolezenskih znamenj na listih. Stopnja okužbe se oceni glede na delež prizadete listne površine po skali 0–7 (0 = ni infekcije; 7 = 100 % okužena površina lista). Na osnovi ocen se določi Townsed-Heubergerjev indeks okužbe. V nasadu se po BBCH skali tedensko določa tudi fenološka faza rastlin.

## 7.3 Prognošični modeli

V Sloveniji je bil nekaj let po prvem pojavu kumarne plesni vpeljan in preizkušen Bedlanov prognošični model (Bedlan, 1987), ki je programiran v okviru prognošične naprave Paar (Dolinar, 1993; 1995). Po Bedlanovi metodi so razmere za okužbo izpolnjene, če so listi mokri od 22. do 10. ure dopoldan. Trosovniki potrebujejo za kaljenje pri 15°C vsaj dve uri, da se encistirajo in poženejo klični mešiček, pa še dve uri. Za sporulacijo je potrebno 6 ur pri 15°C pri 98 do 100 % zračni vlagi (ali mokri listi od rose ali dežja) v temi. Če so omenjene razmere izpolnjene, se na izpisu naprave registrira odstotek izpolnjene inkubacijske dobe, ki traja po modificirani Müllerjevi krivulji (Müller, 1936; Bedlan, 1987) v juliju in avgustu, pri povprečni temperaturi 17°C, 4 dni (preglednica 1).

**Preglednica 1:** Odvisnost dolžine inkubacijske dobe od temperature za kumarno plesen, ki temelji na modificirani Müllerjevi krivulji (Müller, 1936; Bedlan, 1987)

**Table 1:** Dependence of cucumber downy mildew incubation period from average daily temperatures based on modified Müller's curve (Müller, 1936; Bedlan, 1987).

Temp. (°C)	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Dolžina inkubacijske dobe (dni)	10	8	7	6	4	4	4	3	3	2	2	2	2	2	3	4	5	6

Dolinarjeva (1995) je Bedlanov model preizkušala v letih 1990–1995 in ugotovila, da model ustreza ekološkim razmeram in da razmeroma zanesljivo predvidi razmere za okužbo. Zanesljivost napovedi je nadgradila s spremljanjem pojava trosovnikov z lovilci spor. Tako prognoza kumarne plesni temelji na določanju začetka in konca epifitocije s pomočjo prognoznega modela in spremljanjem ulova trosovnikov. Začetek epifitocije se začne, ko zaznamo več kot pet trosovnikov na dan, model pa v tem času registrira do dve okužbi. V tem stadiju še ne zaznamo bolezenskih znamenj na listih, ampak napovemo začetek škropljenja, ki si sledijo v 7–10 dnevni presledkih. Ko se prične zmanjševanje števila ulovljenih trosovnikov, se napove konec epifitocije in s tem konec škropljenja.

Med bolj znanimi prognoznimi modeli v svetu je tudi sistem, ki sta ga leta 1998 razvila Holmes in Main za območje ZDA (Holmes in sod., 2004). Ta temelji predvsem na evidentiranju izbruhov in spremljanju vremenskih podatkov, ki vplivajo na prenašanje spor na daljše razdalje. Sistem je del ipmPIPE (Integrated Pest management; Information Platform for Extension and Education) projekta in javno dostopen na spletni strani <http://cdm.ipmpipe.org/>.

## 8 LITERATURA

- Bedlan G. Studien zur Verbesserung der Spritzterminbestimmung gegen Pseudoperonospora cubensis (Berk. et. Curt.) Rost. an Gerken in Österreich. *Pflanzenschutzberichte Band*. 1987; (48 Heft 3): 1-11.
- Celar F. Pojav kumarne plesni (povzročitelj *Pseudoperonospora cubensis* Rostow.) v Sloveniji. *Zaščita bilja*. 1989; 40(2): 227-231.
- Cohen Y. Downy mildew of cucurbits. V: Spencer D.M. (ed). *The downy mildews*. London Academic. 1981; 341-354.
- Colucci S.J., Holmes G.J. Downy mildew of cucurbits. *The Plant Health Instructor*. 2010; DOI: 10.1094/PHI-I-2010-0825-01.
- Dolar M. Prognoza pojava kumarne plesni (*Pseudoperonospora cubensis* /Berk. et. Curt./ Rost.) po Bedlanu leta 1990 do 1992 in preizkus »Paarove naprave«. *Zbornik predavanj in referatov s 1. Slovenskega posveta o varstvu rastlin*. 1993; 133-144.
- Dolar M. Bedlanova metoda za prognozo pojava kumarne plesni (*Pseudoperonospora cubensis* /Berk. et. Curt./Rost.), dopolnjena z ulovom zoosporangijev. *Zbornik predavanj in referatov z 2. Slovenskega posveta o varstvu rastlin*. 1995; 283-286.
- Feller C., Bleiholder H., Buhr L., Hack H., Hess M., Klose R., Meier U., Stauss R., Van den Boom T., Weber E. Phänologische Entwicklungsstadien von Gemüsepflanzen: II. Fruchtgemüse und Hülsenfrüchte. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutz*. 1995; 47: 217-232.
- Holmes G.J., Main C.E., Keever Z.T. Cucurbit downy mildew: a unique pathosystem for disease forecasting. V: Spencer Phillips P.t.n., Jeger M. (ed) *Advances in downy mildew research*. 2004; 2: 69-80.
- Lebeda A, Cohen Y. Cucurbit downy mildew (*Pseudoperonospora cubensis*) - biology, ecology, epidemiology, host-pathogen interaction and control. *European Journal of Plant Pathology*. 2011; 129: 157-192.
- Lebeda A., Urban J. Distribution, harmfulness and pathogenic variability of cucurbit downy mildew in the Czech Republic. *Acta Fytotechnica et Zootechnica*. 2004; 7: 170-173.
- Macelj M., Cvjetković B., Ostojić Z., Igrc Barčić J., Pagliarini N., Oštrec L.j., Barić K., Čizmić I. *Štetočinje povrća*. Zrinski d.d, Čakovec. 2004; 517.
- Müller K. Die biologischen Grundlagen für die Peronosporabekämpfung nach der Inkubationkalender Methode. *Ztschr. Pflanzenkrankh. u. Pflanzenschutz*. 1936; 46: 104-108.

- Thomas C.E. Downy mildew. V: Thomas A.Z., Hopkins D.L., Thomas C.E. (ur). *Compendium of cucurbit diseases*. St. Paul (Minnesota): The American Phytopathological Society, cop. 1996; 25-27.
- Thomas C.E., Inaba T., Cohen Y. Physiological specialisation in *Pseudoperonospora cubensis*. *Phytopathology*. 1987; 77: 1621-1624.
- Vajs S., Lešnik M., Miklavc J., Matko B., Mešl M. Rezultati preizkušanja fungicidov za zatiranje plesni bučnic (*Pseudoperonospora cubensis*) na oljnih bučah v sezoni 2010. V: Maček, J., Trdan, S. (ur.). *Zbornik predavanj in referatov 10. slovenskega posvetovanja o varstvu rastlin, Podčetrtek, 1.-2. marec 2011*. Ljubljana: Društvo za varstvo rastlin Slovenije. 2011; 191-196.

**PRIDELEK RIČKA (*Camelina sativa* (L.) Crantz)  
GLEDE NA LOKACIJO IN SORTO**

Barbara ČEH<sup>1</sup>, Saša ŠTRAUS<sup>2</sup>, Aleš HLADNIK<sup>3</sup>, Monika OSET LUSKAR<sup>4</sup>,  
Bojan ČREMOŽNIK<sup>5</sup>

UDC / UDK 633.85:631.559:632(045)

izvirni znanstveni članek / original scientific article

prispelo / received: 1. oktober 2012

sprejeto / accepted: 16. november 2012

**Izveleček**

Poleg morskih rib večkrat nenasičene maščobne kisline vsebujejo tudi nekatere oljnice. Prehranske navade ljudi je zelo težko spreminjati, zato je smiselno spreminjanje sestave maščob živil prek prehrane živali, namenjenih proizvodnji mleka in mesa. Kot potencialna oljnica za vključevanje v prehrano domačih živali v ta namen bi bil morda tudi riček. V prvi vrsti je potrebno poiskati primerne sorte za pridelavo v naših razmerah, tudi na večjih površinah v nižje ležečih dolinah, v smislu zagotavljanja ustreznega pridelka. Sortni poskus smo postavili v letu 2012 na štirih lokacijah (v Prekmurju in v Savinjski dolini in na različnih tleh). Vključene sorte so bile: danski Vega in Hoga, nemške Calena, Bio Calena in Ligena ter Slovenska avtohtona sorta. Lokacija pridelovanja je pomembno vplivala na pridelek rička. Pozitivno je vplivala predvsem večja kapaciteta tal za zadrževanje vode. Sorta Vega je v razmerah, kot so bile v letu 2012 (sušno, visoke temperature), dosegla najmanjši pridelek, največji pridelek na hektar je imela sorta Ligena, sledili sta Bio Calena in Calena. Riček se je v sušnem letu z visokimi temperaturami v poletnih dneh odzval z zelo hitrim, nenadnim dozorevanjem; luski so začeli nenadno hitro pokati, kar je povzročilo izpadanje semena. Možnost uporabe FFS za zatiranje plevelov in opažene bolezni in škodljivca bi pridelavo zelo olajšala.

**Ključne besede:** *Camelina sativa* (L.) Crantz, navadni riček, sorte, razvojne faze, pridelek, pridelava, bolezni rastlin, vremenske razmere

<sup>1</sup> Dr., univ. dipl. inž. agr., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Cesta Žalskega tabora 2, 3310 Žalec, Slovenija, e-pošta: barbara.ceh@ihps.si

<sup>2</sup> Prof., Pan-nutri, kmetijsko živilski tehnološki center, d. o. o., Industrijska 8, 9000 Murska Murska Sobota, Slovenija, e-pošta: sasa.straus@pan-nutri.si

<sup>3</sup> Doc. dr., Katedra za informacijsko in grafično tehnologijo, Oddelek za tekstilstvo, Naravoslovnotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, e-pošta: ales.hladnik@ntf.uni-lj.si

<sup>4</sup> Univ. dipl. inž. kmet., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Cesta Žalskega tabora 2, Slovenija, e-pošta: monika.oset-luskar@ihps.si

<sup>5</sup> Dipl. inž. agr. in hort., prav tam, e-pošta: bojan.cremoznik@ihps.si



## **YIELD OF FALSE FLAX (*Camelina sativa* (L.) Crantz) WITH REGARD TO LOCATION AND VARIETY**

### **Abstract**

Beside marine fish some oilseeds also contain polyunsaturated fatty acids. Eating habits of people are very difficult to change, so it makes sense changing the composition of fat through the diet of food animals for dairy and meat production. In a broader research we want to investigate a possibility of false flax inclusion in the diet of farm animals. But, first of all it is necessary to find suitable varieties for cultivation of this oilseed crop in our soil and climatic conditions also on a large scale, in terms of providing suitable yield. Variety trial was conducted in 2012 at four locations (Prekmurje and Savinja valley and on different soil). Included varieties were: Danish Vega and Hoga, German Calena, Bio Calena and Ligena and Slovenian autochthonous variety. Location had a significant impact on the yield of false flax. Positive impact in 2012, which was rather dry year with high temperatures, had higher soil water capacity. Variety Vega reached the lowest and variety Ligena the highest yield, followed by Bio Calena and Calena. The crop showed rapid, sudden maturation in the conditions of high temperatures and dry air; husks started popping suddenly, resulting in loss of seeds. Also, for false flax production there are no registered pesticides for the control of weeds, diseases and pests in Slovenia which presented noteworthy production problem.

**Key words:** *Camelina sativa* (L.) Crantz, false flax, varieties, growth stages, yield, cultivation, plant diseases, weather conditions

### **1 UVOD**

V zadnjih letih je bilo opravljenih veliko raziskav s področja oskrbljenosti ljudi in živali z dolgotrajnimi nenasičenimi maščobnimi kislinami (m. k.). Ugotovljeno je bilo, da poleg morskih rib in školjk večkrat nenasičene m. k. vsebujejo tudi nekatere oljnice, ki bi jih lahko uporabljali v prehrani ljudi in živali. Prehranske navade ljudi je zelo težko spreminjati, zato je smiselno spreminjanje sestave maščob v živilih prek prehrane živali, namenjenih proizvodnji mleka in mesa. Kot potencialna oljnica za vključevanje v prehrano domačih živali v ta namen bi bil morda tudi riček, ki se tradicionalno pri nas prideluje na Koroškem na višjih legah na površinah, kjer druge, bolj znane kulture ne bi dobro uspevale (Hrastar in Košir, 2011).

Navadni riček (*Camelina sativa* (L.) Crantz) je oljnica iz družine križnic (Brassicaceae). Zanimanje zanj se je v zadnjem času močno povečalo v različnih delih sveta zaradi ekonomičnega načina pridelave (majhna poraba semena za setev, majhna potreba po gnojilih, ima malo škodljivcev in bolezni, lahko se

prideluje ekološko). Poljščina dobro uspeva v različnih podnebnih tipih in vrstah tal in jo navajajo kot odporno na sušni stres (Vakulabharanam, 2012). Ričkovo olje je zaradi visoke vsebnosti esencialnih maščobnih kislin izdelek z visoko dodano vrednostjo. Njeno seme je bogat vir beljakovin, ogljikovih hidratov, mineralov in vitaminov. Vsebuje 30–40 % olja. Zaradi potencialno zdravih lastnosti ričkovega olja je le-to postalo zelo privlačno za prehransko, kozmetično in farmacevtsko industrijo. Ima visoko stopnjo nenasičenosti (enkrat nenasičenih 35 %, večkrat nenasičenih 56 % maščobnih kislin) (Zubr, 1997). Večkrat nenasičeni linolna (omega-6) in  $\alpha$ -linolenska (omega-3) maščobna kislina sta esencialni maščobni kislini, kar pomeni, da ju telo ne more tvoriti samo, ampak ju moramo zaužiti s hrano. Največji delež (okoli 35 ut. %) zastopa  $\alpha$ -linolenska kislina. Vsebuje še oleinsko, linolno in gondojsko kislino. Ima manj kot 5,0 % eruka kisline, ki je hkrati dovoljena vsebnost te kisline v rastlinskih oljih za prehrano ljudi (Hratar in Košir, 2011). Na kakovostne parametre semena in olja imajo velik vpliv okoljski dejavniki (Matthäus in Zubr, 2000; Vollmann in sod., 2005; Vollmann in sod., 2007; Ghamkhar in sod., 2010; Zubr in Matthäus, 2002), kar je v svoji študiji na Koroškem potrdil tudi Hratar (2011).

V Kanadi ugotavljajo, da je pridelek rička primerljiv pridelku drugih kultiviranih križnic (*B. rapa*, *B. juncea*, *B. napus*); če so padavine zadostne, potem je pridelek rička manjši v primerjavi z ostalimi navedenimi, in večji, če je padavin manj oziroma so glede na potrebe rastlin prepozne. Zelo slabo se ta poljščina odreže, če so tla pogosto zasičena z vodo; to vodi do izgube pridelka za 27 do 32 %. Riček potrebuje zračna tla, da doseže zadosten pridelek (Vakulabharanam, 2012).

Pri tej poljščini smo v raziskavi želeli poiskati primerne sorte za pridelavo v naših razmerah, tudi na večjih površinah v nižje ležečih dolinah, v smislu zagotavljanja ustreznega pridelka.

## **2 MATERIAL IN METODE**

### **2.1 Sorte rička**

V poskus sta bili vključeni danski sorti Vega in Hoga, nemške sorte Calena, Bio Calena in Ligena ter Slovenska avtohtona sorta.

### **2.2 Postavitev poskusov**

Sortni poskus smo postavili na štirih lokacijah, in sicer v dveh različnih območjih Slovenije ter na različnih tleh (v Prekmurju: Rakičan in Murska Sobota ter v Savinjski dolini (Žalec): Savinjska dolina 1 in Savinjska dolina 2). Zastavili smo ga enako na vseh lokacijah kot bločni poljski poskus v štirih ponovitvah. Velikost

osnovne parcele je bila 36 m<sup>2</sup> (6 m x 6 m). Predstavljeni so rezultati poskusa iz leta 2012.

Tla smo spomladi ustrezno pripravili za setev in poskuse posejali s samohodno parcelno sejalnico Wintersteiger, ki omogoča natančno setev manjših površin. Setev na lokacijah v Savinjski dolini smo izvedli 30. 3. 2012, na lokacijah v Prekmurju pa 19. 4. 2012, v količini 6 kg/ha semena. Pred setvijo smo glede na analizo tal in predviden odvzem pognojil s kalijevimi in fosforjevimi gnojili. Po setvi smo posevek povaljali. Z dušikom smo dognojevali ob setvi v količini 60 kg/ha in pred cvetenjem v količini 30 kg/ha N v obliki gnojila KAN. Med rastjo druga opravila niso predvidena. Poskusi niso bili namakani.

Beležili smo morebitne posebnosti ter rast in razvoj rastlin (po skali BBCH; Martinelli in Galasso, 2011) in izvajali opazovanja na prisotnost bolezni in škodljivcev.

V času tehnološke zrelosti smo posevke v Prekmurju poželi s samohodnim parcelnim kombajnom Wintersteiger, ki omogoča natančno žetev manjših površin, sortni poskus z ričkom na lokaciji Savinjska dolina 2 pa zaradi toče, ki je bila nekaj dni pred predvideno žetvijo, ročno (10. 7. 2012), prav tako sortni poskus z ričkom na lokaciji Savinjska dolina 1 zaradi nenadnega odpiranja luskov, ki je sledilo nekajdnevnim temperaturam nad 30°C. Pridelek smo stehali za vsako parcelo posebej in takoj vzeli vzorce semena za analizo na vsebnost vlage (Analytica EBC 7.2. /1998/), na podlagi česar smo izračunali pridelek suhe snovi semena.

### **2.3 Tla**

Tla na lokaciji poskusa v Savinjski dolini 1 so obrečna, rjava, srednje globoka in rahlo oglejena. V večini ugotovljenih horizontov smo določili teksturni razred GI (težka tla). V globljih horizontih so opazni znaki zastajanja vode. Vrednost pH pred postavitvijo poskusa je bila 6,8, vsebnost rastlinam dostopnega fosforja 30,1 mg/100 g tal (razred preskrbljenosti D), vsebnost rastlinam dostopnega kalija 13,7 mg/100 g tal (razred B), vsebnost organske snovi v tleh 2,7 %.

Lokacija v Savinjski dolini 2 je bila na srednje globokih evtričnih rjavih tleh na peščeno prodnati osnovi. Zgornji obdelovalni horizont uvrščamo v teksturni razred GI-PGI (srednje težka do težka). V globljih horizontih se pojavlja večji delež peska. Vrednost pH pred postavitvijo poskusa je bila 6,6, vsebnost rastlinam dostopnega fosforja 19,9 mg/100 g tal (razred preskrbljenosti C), vsebnost rastlinam dostopnega kalija 34,5 mg/100 g tal (razred D), vsebnost organske snovi v tleh 2,5 %.

Tla na lokaciji poskusa v Rakičanu in Murski Soboti so bila na globokih distričnih rjavih tleh, na lokaciji Rakičan na meljasto glinasti ilovnati osnovi, tekstura: MGI, na lokaciji Murska Sobota pa na peščeno prodnati osnovi, tekstura: P. Na lokaciji Rakičan je bila vrednost pH pred postavitvijo poskusa 5,6, vsebnost rastlinam dostopnega fosforja 14,6 mg/100 g tal (razred preskrbljenosti C), vsebnost rastlinam dostopnega kalija 17,6 mg/100 g tal (razred B), vsebnost organske snovi v tleh 3,4 %. Na lokaciji Murska Sobota je bila vrednost pH pred postavitvijo poskusa 6,2, vsebnost rastlinam dostopnega fosforja je 51,5 mg/100 g tal (razred E), vsebnost rastlinam dostopnega kalija pa 23,6 mg/100 g tal (razred C), vsebnost organske snovi v tleh 1,9 %.

#### 2.4 Vremenske razmere

Na lokaciji v Savinjski dolini smo v prvih treh mesecih 2012 beležili pomanjkanje padavin, ki se je iz meseca v mesec stopnjevalo že iz jeseni 2011. Tudi mesec marec je bil izjemno suh; minimalno količino dežja v obliki kratkih ploh smo zabeležili 19. marca, vsi ostali dnevi pa so bili suhi. Suša je že ogrožala začetek rasti večine kmetijskih rastlin. Od aprila do junija je le padla prepotrebna količina dežja, in sicer 338 mm. Padavine so bile od aprila do junija sorazmerno dobro razporejene. Pomanjkanje padavin, ki se je zopet začelo v zadnji dekadi junija, se je nadaljevalo tudi v juliju, kar je že narekovalo začetek suše. V Žalcu je bilo od 15. junija do 12. julija le 13 mm dežja (Agrometeorološki ..., 2012).

Na lokaciji v Savinjski dolini je bila v aprilu, maju in juniju 2012 povprečna dnevna temperatura zraka višja od vrednosti dolgoletnega povprečja do 2,2°C. Najbolj topli sta bili zadnja dekada meseca aprila in prva dekada meseca maja, ko so v Žalcu povprečne dnevne temperature odstopale navzgor od dolgoletnega povprečja za 3,2°C in 3,5°C. Zelo topla je bila tudi druga polovica druge dekade junija, ko so maksimalne dnevne temperature presegale 30°C. Na lokaciji Savinjska dolina 2 je bila 11. 7. 2012 toča, ki je oklestila pridelek. V zadnji dekadi junija in v juliju smo beležili tudi nadpovprečno visoke temperature. Julija je bila povprečna dnevna temperatura zraka višja od vrednosti dolgoletnega povprečja za 2,1°C (Agrometeorološki ..., 2012).

V Prekmurju je bila v prvih treh mesecih količina padavin izjemno nizka; januarja je bilo 10 mm padavin (28 % dolgoletnega povprečja), februarja 13 mm (35% dolgoletnega povprečja). Snežna odeja se je obdržala 13 dni, maksimalna višina je bila 14 cm. Najnižja količina padavin je bila marca, in sicer 1 mm, kar predstavlja 1 % dolgoletnega povprečja. Z aprilom se je obdobje pomanjkanja padavin končalo; padlo je 60 mm padavin (2 % več od dolgoletnega povprečja), maja 119 mm (64 % več), julija 134 mm (27 % več). Odstopa samo junij, ko je padlo 67 mm, kar predstavlja le 69% dolgoletnega povprečja. Kljub temu se v vodni bilanci v tleh ni nadoknadilo količine nizkih padavin v celotnem jesensko-zimskem obdobju; od

aprila do konca julija je znašala -131,4 mm. 14. julija smo na območju poskusov beležili točo, hud veter in močnejši naliv (Agrometeorološki ..., 2012).

V Prekmurju so bile od začetka vegetacije temperature višje od dolgoletnega povprečja od 1,4°C v maju do 3,5°C v juniju in avgustu. Temperature so se že 2. maja približale 30°C. Maksimalne temperature so bile v poletnih mesecih okrog 35°C, kar je predstavljalo vročinski stres za rastline.

## **2.5 Obdelava podatkov**

Zastavljene sortne poskuse smo analizirali z večsmerno analizo variance (ANOVA), pri čemer smo vrednotili vpliv dveh proučevanih dejavnikov – sorte in lokacije – na količino pridelka (kg/ha suhe snovi) in na vsebnost vlage v semenih. S poskusno zasnovo slučajni bloki smo kontrolirali vpliv motečega dejavnika – položaja parcele. Rezultate smo statistično ovrednotili pri stopnji značilnosti  $\alpha = 0,05$  (95% stopnja zaupanja).

## **3 REZULTATI Z DISKUSIJO**

### **3.1 Rast in razvoj**

Dne 20. 4. 2012 je bila pri sortah Slovenska avtohtona, Vega, Hoga, Ligena razvojna faza po BBCH skali 10 - klični listi razpeti. Pri sortah Calena in Bio Calena pa je že bil razvit prvi par listov do velikosti 1 cm (koda 11). Na lokaciji Savinjska dolina 2 je bil posevek v fazi 11 pri sortah Calena in Ligena v obsegu 50 % posevka, pri sorti Bio calena pa 100% posevka.

Razvoj listov je bil 9. 5. 2012 pri sorti Vega v fazi 16 (razvitih 6 pravih listov), pri sortah Slovenska avtohtona, Hoga, Calena in Bio Calena ter Ligena pa 18. Opazili smo razlike v dolžini internodijev, in sicer so bili pri sortah Slovenska avtohtona in Hoga zelo kratki, kar se v tej fazi izraža z nizko rastjo. V prvi dekadi maja je bil na lokaciji Savinjska dolina 2 plevel v posevku že konkurenca ričku, ki je bil v fazi razvoja od 16 (razvitih 6 pravih listov) do 19.

Dne 16. 5. 2012 so se pri sortah Calena in Slovenska avtohtona pojavili stranski poganjki. Ob ogledu posevka smo določili razvojni stadij 25. V tem času je bila opazna razlika tudi v obliki pravih listov, ki so pri sortah Slovenska avtohtona in Hoga širši, tako da so rastline z listi že prekrile medvrstni prostor. Sorte Vega, Calena, Bio Calena in Ligena imajo bolj suličasto obliko listov, tako da pri teh sortah medvrstni prostor v tem obdobju še ni bil prekrit. V tem času je bil na lokaciji Savinjska dolina 2 na celotnem posevku izražen vpliv predposevka (hmelj), posebno pri sorti Hoga, pri kateri so bolj kot pri drugih sortah rumeneli

spodnji listi, drugi pa so imeli vijoličasti rob in deloma tudi listno ploskev (v pasovih vzdolžno vrstam hmelja). Pokrovnost plevelov v tem času smo ocenili na 30 do 50 %, posamezne parcele celo 70 do 80 %. Sorte Slovenska avtohtona, Vega in Hoga so bile v fazi 29, pri sortah Calena, Bio Calena in Ligena pa je bilo 20 do 30 % posevka v fazi 55 (cvetni nastavki).

Dne 25. 5. pri sortah Vega in Hoga še ni bilo razvitih socvetij, pri sorti Slovenska avtohtona so socvetja že bila vidna (koda 51-55), medtem ko je bilo pri sortah Calena, Bio Calena ter Ligena že približno 20 % cvetov odprtih. Stopnja razvoja pri sortah Slovenska avtohtona, Vega in Hoga je bila na lokaciji Savinjska dolina 2 v fazi 55. Pri sorti Hoga so bili znaki stresa še vedno zelo očitni. Sorte Calena, Bio Calena in Ligena so postopno že prehajale v generativen razvoj, saj je bilo v tem obdobju že 50 % cvetov odprtih. Rastline so v obdobju do 15. 6. že prešle v fazo cvetenja, in sicer so bile sorte Slovenska avtohtona, Vega in Hoga v fenofazi 62 (20 % cvetov odprtih), sorte Calena, Bio Calena ter Ligena pa so bile v fazi 69 (konec cvetenja) do 72 (20 % luskov razvitih).

V prvi dekadi julija (6. 7.) so rastline že prešle v fazo zorenja; rastline sort Calena, Bio Calena ter Ligena so že bile v fazi 89. Sorte Slovenska avtohtona, Vega in Hoga so bile v fazi 83-85. Zaradi izjemno visokih temperatur, ki jih je spremljal suh zrak, kar je povzročilo nenadno odpiranje luskov, ter napovedi deževnega vremena, smo se odločili za čim prejšnjo žetev, ki smo jo izvedli 10. julija na obeh lokacijah v Savinjski dolini. Na lokaciji Savinjska dolina 2 je posevek pred spraviлом dodatno uničila še toča; ocenjujemo, da je povzročila vsaj 60 % izpada pridelka.

Takšna občutljivost rička na visoke temperature (predvidevamo, da rastlini ne ugajajo temperature nad 30°C, ki jih spremlja suh zrak, kar bomo spremljali tudi v prihodnjem letu), ki jo pokaže v nenadnem odpiranju luskov, je za večjo proizvodnjo zelo nezaželena lastnost, saj se delo na obratih planira vnaprej in kombajni niso vedno v pripravljenosti za tako nenadno spremembo plana, sploh pa če smo vezani na najem kombajna.

V Prekmurju je bil na obeh lokacijah (Rakičan in Murska Sobota) vznik dober, razen pri sorti Slovenska avtohtona, kjer je bil nekoliko slabši. Rast rastlin je bila sortno dokaj izenačena. Tudi rast in razvoj rastlin na obeh lokacijah sta bila podobna. Med sortami rička so se vidne razlike pojavile že ob vzniku, kakor tudi ob nastopu cvetenja. Sorti Vega in Hoga sta bili najpoznejši, Slovenska avtohtona je bila glede razvoja na sredini, najzgodnejše sorte pa so bile Calena, Bio Calena in Ligena.

Dne 11. 5. 2012 je bila razvojna faza 11, saj so bili že razviti prvi pari listov do velikosti 1 cm, 24. 5. 2012 pa so bili razviti že pravi listi (koda 18). 24. 5. 2012 so

se pojavili tudi že stranski poganjki (koda 25). Začelo se je prekrivanje medvrstnega prostora, kar nam je olajšalo oskrbo poskusa, saj je posevek dušil plevle. 7. 6. 2012 smo opazili prva socvetja pri sortah Calena, Bio Calena in Ligena (koda 51-55), pri ostalih sortah socvetja še niso bila vidna. 21. 6. 2012 so rastline prešle v fazo cvetenja. Calena, Bio Calena in Ligena so bile v fazi razvoja 65, 50 % cvetov je bilo odprtih. Slovenska avtohtona sorta je imela odprtih 20 % cvetov, pri Vegi in Hogi so se odpirali prvi cvetovi (faza razvoja 60). 5. 7. 2012 so prešle rastline v fazo zorenja. Calena, Bio Calena in Ligena so bile že v fazi 87, Slovenska avtohtona sorta je bila v fazi 85, Hoga in Vega v fazi 83. Visoke temperature v naslednjem tednu so zelo pospešile zorenje. Zaradi neurja 12. 7. je iz luskov izpadlo veliko semena.

Ročno žetev 1 m<sup>2</sup> smo opravili 16. 7., žetev s kombajnom pa 24. 7. Količina pridelka v obeh žetvah se ni značilno razlikovala. Ob žetvi je bila višina rička na lokaciji Murska Sobota od 75 cm (Vega) do 80 cm (Calena in Bio Calena). Na lokaciji Rakičan je bil riček nekoliko višji, in sicer med 80 cm (Hoga) in 83 cm (Vega).

Rastna doba rička je po navedbah virov 90 do 110 dni (Čeh, 2009), na Danskem navajajo podatek 120 dni (Zubr, 1997), v Kanadi 85 do 100 dni (Vakulabharanam, 2012). Žanjemo ga, ko je okoli 80 % luskov rumeno rjavih, še preden začnejo pokati. V naših poskusih je bila rastna doba v Prekmurju in v Savinjski dolini okrog 100 dni; predvsem visoke temperature nad 30°C v zadnjih dneh so vplivale na zelo hitro dozorevanje.

### 3.2 Bolezni, škodljivci in plevli

Na lokaciji Savinjska dolina 1 je bil celoten posevek rička izenačen, škodljivcev v posevku nismo opazili, zapleveljenost je bila ocenjena na 10 do 20 % pokrivnosti površine. Plevli so riček prerasli v mesecu juniju. Najbolj zastopani sta bili bela metlika ter breskovolistna dresen. V prvi dekadi maja smo v posevku opazili pepelasto plesen (*Peronospora* spp.). Proti tej bolezni v Sloveniji ni registriranega FFS, kakor tudi ne registriranega herbicida za uporabo v ričku, zato nismo izvedli nobenih tretiranj s FFS. Obolelost rastlin je bila pri ocenjevanju v prvi dekadi maja največja pri sorti Calena (obolelih 30 % rastlin), sledili sta sorti Bio Calena (obolelih 12 % rastlin) in Ligena (obolelih 1 % rastlin). Ostale sorte niso bile obolele.

Na lokaciji Savinjska dolina 2 je bil posevek rička neizenačen. Škodljivcev v posevku nismo opazili. Zapleveljenost je bila ocenjena na 30 do 50 % pokrivnosti površine, posamezne parcele 70 do 80 %. Plevli so riček prerasli v mesecu juniju, najbolj zastopani pa so bili bela metlika, srhkodalkavi ščir ter osat. Kot na lokaciji Savinjska dolina 1 smo tudi na tej lokaciji v prvi dekadi maja v posevku opazili

pepelasto plesen. Pojav je bil močnejši na tej lokaciji v primerjavi z lokacijo Savinjska dolina 1. Obolelost rastlin je bila pri ocenjevanju v prvi dekadi maja največja pri sorti Calena (obolelih 27 % rastlin), sledile so sorte Bio Calena (obolelih 17 % rastlin), Slovenska avtohtona (obolelih 5 % rastlin) in Ligena (obolelih 4 % rastlin). Sorti Vega in Hoga nista bili oboleli.

Na obeh lokacijah v Prekmurju je bil posevek rička izenačen. Zapleveljenost je bila v začetku maja cenjena na manj kot 10 % površine, ob žetvi pa na okrog 30 %. Plevela je riček uspel zadušiti, razen bele metlike in navadnega ščira, ki sta riček prerasla v drugi polovici junija. Bolezni nismo opazili, na obeh lokacijah pa smo ob začetku cvetenja opazili prisotnost repičarja oziroma ogrščičnega sijajnika (*Meligethes aeneus*). V Prekmurju je oljna ogrščica kot gostiteljica in prenašalka tega škodljivca dosti bolj pogosta v kolobarju kot v Savinjski dolini, kjer tega škodljivca v poskusih nismo zasledili. Prag škodljivosti je bil presežen pri vseh sortah, vendar pri nas ni nobenega registriranega insekticida za uporabo v ričku, zato intervencija ni bila mogoča.

### 3.3 Pridelek rička

Na lokaciji Savinjska dolina 1 je najvišji pridelek dosegla sorta Ligena, takoj ji sledi sorta Bio Calena (med njima razlika ni značilna). Sledijo sorte Slovenska avtohtona, Calena in Hoga, med katerima ni značilnih razlik, značilno najmanjši pridelek pa je dosegla sorta Vega (preglednica 1).

**Preglednica 1:** Pridelek rička (kg/ha suhe snovi) glede na lokacijo v letu 2012

**Table 1:** False flax yield (kg/ha dry matter) with regard to location in 2012

Sorta	Lokacija	Savinjska dolina 1	Savinjska dolina 2	Rakičan	Murska Sobota
Slo. avtohtona		1274 bc	446 ab	586 a	450 a
Vega		868 a	306 a	617 b	560 c
Hoga		1230 b	426 ab	656 c	795 e
Calena		1172 b	479 ab	732 d	465 a
BIO Calena		1429 cd	588 b	579 a	511 b
Ligena		1478 d	519 b	807 e	645 d

\*Enaka črka v stolpcu pomeni, da razlika med obravnavanjema ni statistično značilna pri tveganju 5% (Duncanov test mnogoterih primerjav).

Glavni razliki med lokacijama v Savinjski dolini sta bili v stopnji zapleveljenosti, ki je bila večja na lokaciji Savinjska dolina 2, ter v tem, da je lokacijo Savinjska dolina 2 pred žetvijo oklestila toča. Razlike v pridelku med lokacijama so očitne (preglednica 2), saj je bilo na tej lokaciji pridelka le za tretjino tistega z lokacije Savinjska dolina 1. V pridelku semena na prizadeti lokaciji bistvenih razlik med



sortami ni bilo (preglednica 1), kljub temu da smo ročno poželi najmanj prizadete kvadrate na posameznih parcelah. Je pa vrstni red glede višine pridelka primerljiv z lokacijo Savinjska dolina 1.

**Preglednica 2:** Pridelek rička (kg/ha suhe snovi) in vlaga v semenu glede na sorto in lokacijo

**Table 2:** False flax yield (kg/ha dry matter) and moisture content with regard to variety and location (in the experiment in year 2012)

		Pridelek / Yield (kg/ha suhe snovi)*	Vlaga v semenu ob žetvi / Moisture content in seeds (%)*
Sorta / Variety	Slo. avtoht.	689 b	8,8 a
	Vega	588 a	8,9 a
	Hoga	704 b	8,8 a
	Calena	775 c	8,9 a
	BIO Calena	777 c	8,8 a
	Ligena	862 d	8,8 a
Lokacija / Location	Sav. dolina 1	1242 d	8,5 b
	Sav. dolina 2	454 a	7,6 a
	Rakičan	663 c	9,7 c
	M. Sobota	571 b	9,6 c

\*Enaka črka v stolpcu znotraj sort in znotraj lokacij pomeni, da razlika med obravnavanjema ni statistično značilna pri tveganju 5%.

Kot je razvidno iz preglednice 1, so bile na obeh prekmurskih lokacijah razlike med sortami značilne, razen med sortama Slovenska avtohtona in Bio Calena na lokaciji Rakičan ter Slovenska avtohtona in Calena na lokaciji Murska Sobota. Najvišji pridelek je v Rakičanu dosegla sorta Ligena, v Murski Soboti pa Hoga. Najnižji pridelek sta dosegli sorti Bio Calena in Slovenska avtohtona. Pridelek v Prekmurju je bil glede na sorto in lokacijo od 450 do 807 kg/ha. Pridelki na lokaciji Rakičan so bili v povprečju za 16,1 % višji kot na lokaciji Murska Sobota. Razlog je v težjih tleh na lokaciji Prekmurje 1, ki so v sušnem letu 2012 bolje zadrževala vlago. V nobenem poskusu v Prekmurju vpliv bloka ni bil statistično značilen.

V splošnem (preglednica 2) lahko ugotovimo, da so se sorte med seboj pomembno razlikovale glede količine pridelka; najvišji pridelek na hektar je imela sorta Ligena, sledili sta Bio Calena in Calena, najnižjega pa Vega. Glede na lokacijo je bilo značilno največ rička na hektar pridelanega v Savinjski dolini 1 (1,2 t/ha), kjer je bil poskus postavljen na težkih tleh, ga ni prizadela toča ali neurje, plevele je posevek uspel prerasti in obolelost rastlin s pepelasto plesnijo ni bila tako močna kot na lokaciji Savinjska dolina 2. V poskusih Zubra in sod. (1997) na Danskem je

bil pridelek suhe snovi semena rička jarih sort do 2,6 t/ha, ozimnih do 3,3 t/ha, v Kanadi navajajo pridelek od 1,1 t/ha do 3,3 t/ha (Vakulabharanam, 2012).

Pri žetvi naj vsebnost vlage v semenih ne bi presegla 11 %. V času žetve je riček v naših poskusih imel nižjo vsebnost vlago (preglednica 2), kar je bilo glede na zelo suho vreme v času vegetacije rička v tej sezoni pričakovano. Kot je razvidno iz preglednice 2, razlik v vsebnosti vlage med sortami ni bilo, je pa bila vlaga v semenu večja na lokacijah v Prekmurju kot na lokacijah v Savinjski dolini, kajti v Savinjski dolini je bilo v prvi dekadi julija le 1,2 mm padavin, v Prekmurju pa 18,4 mm.

#### 4 SKLEPI

Sorte Calena, Bio Calena in Ligena so se v letu 2012 nakazale kot zgodnejše, Vega in Hoga pa kot poznejši sorti, saj sta začeli pozneje cveteti. Zaradi temperaturnega stresa, ki je povzročil prisilno dozorevanje, so vse sorte sicer dozorele sočasno.

Lokacija pridelovanja je pomembno vplivala na pridelek rička. Pozitivno je vplivala predvsem večja kapaciteta tal za zadrževanje vode ter vremenske razmere v času pred žetvijo (toča, neurje).

Sorta Vega je v razmerah, kot so bile v letu 2012, dosegla najmanjši pridelek; to velja za skupno analizo rezultatov z vseh lokacij kot tudi posamezni lokaciji v Savinjski dolini. Na lokacijah v Prekmurju je sicer dosegla nekaj boljši rezultat, a še vedno je bila na lokaciji s težjimi tlemi med sortami z nižjim doseženim pridelkom. Bolje se je v primerjavi z drugimi sortami odrezala le v Prekmurju na lokaciji z lažjimi tlemi, kjer je bila po pridelku tretja.

Sorta Ligena je dosegla statistično značilno največji pridelek med preučevanimi sortami.

Kljub temu da navajajo riček kot odporen na sušne razmere in visoke temperature (Vakulabharanam, 2012), se je v letu 2012, ki je bilo sušno z visokimi temperaturami (nad 30°C) pred žetvijo, v naših poskusih pokazal z zelo hitrim, nenadnim dozorevanjem; luski so začeli nenadno hitro pokati, kar je povzročilo izpadanje semena. To je za posestva, ki so vezana na razporeditev del, nedobrodošla lastnost, saj kombajn ni vedno v takojšnji pripravljenosti za nepredvideno žetev, sploh če smo vezani na najem. Tako smo v poskusu posevek poželi ročno, sicer bi bile izgube semena še večje.

Problem v pridelavi rička je nastal tudi zaradi tega, ker v Sloveniji ni registriranih FFS za zatiranje tako plevela kot boleznih in škodljivcev. Največ težav je bilo s

plevelom, kajti konkurenčnih enoletnih semenskih plevelov, kot sta bela metlika (*Chenopodium album* L.) in srhkodlakavi ščir (*Amarantus retroflexus* L.), riček ni uspel zadušiti. Med škodljivci se je pojavil repični sijajnik v Prekmurju in peronospora na lokaciji Savinjska dolina. Možnost uporabe FFS za zatiranje plevelov in opažene bolezni in škodljivca bi pridelavo zelo olajšala. Problem plevelov bi lahko reševali tudi s setvijo rička na dobro razpleveljenih njivah, kar bi omogočilo pridelavo tudi v ekološkem kmetovanju.

### Pojasnilo

Raziskava je bila financirana v okviru projekta CRP V4-1138 *Vključevanje alternativnih oljnic z visoko vsebnostjo večkrat nenasičenih maščobnih kislin v kolobar, funkcionalna raba semen, olja in sekundarnih produktov v Sloveniji*.

## 5 LITERATURA

- Agrometeorološki portal Slovenije (<http://agromet.mkgp.gov.si/APP/Home/METEO/-1>), oktober 2012
- Čeh B. Pridelava rička v poskusu na IHPS. *Hmeljar*. 2009; 71: 35-36.
- Ghamkhar K., Croser J., Aryamanesh N., Campbell M., Konkova N., Francis C. Camelina (*Camelina sativa* (L.) Crantz) as an alternative oilseed: Molecular and ecogeographic analyses. *Genome*. 2010; 53(7): 558-567.
- Hrastar R. Karakterizacija, deodorizacija in ugotavljanje pristnosti ričkovega olja (*Camelina sativa* (L.) Crantz) : doktorska disertacija (s področja biotehnologije). Ljubljana: Biotehniška fakulteta, Podiplomski študij bioloških in biotehniških znanosti, XIII. 2011; 78 s.
- Hrastar R., Košir I.J. Navadni riček (*Camelina sativa* (L.) Crantz) kot alternativna oljnica. *Hmeljarski bilten*. 2011; 18: 85-92.
- Martinelli T., Galasso I. Phenological growth stages of *Camelina sativa* according to the extended BBCH scale. *Annals of applied Biology*. 2011; 158(1): 87-94.
- Matthäus B., Zubr J. Variability of specific components in *Camelina sativa* oilseed cakes. *Industrial Crops and Products*. 2000; 12(1): 9-18.
- Vollmann, J., Grausgruber, H., Stüft, G., Dryzhyruk, V., Lelley, T. Genetic diversity in camelina germplasm as revealed by seed quality characteristics and RAPD polymorphism. *Plant Breeding*. 2005; 124(5): 446-453.
- Vollmann J., Moritz T., Kargl C., Baumgartner S., Wagentristsl H. Agronomic evaluation of camelina genotypes selected for seed quality characteristics. *Industrial Crops and Products*. 2007; 26(3): 270-277.
- Zubr J. Oil-seed crop: *Camelina sativa*. *Industrial Crops and Products*. 1997; 6(2): 113-119.
- Zubr J., Matthäus B. Effects of growth conditions on fatty acids and tocopherols in *Camelina sativa* oil. *Industrial Crops and Products*. 2002; 15(2): 155-162.
- Vakulabharanam V. Camelina. *Agriculture Crops*. 2012 (cited). Available on: <http://www.agriculture.gov.sk.ca/default.aspx?dn=67a5b5a3-b4fc-402b-9ede-abcebb2b64b8>.

## MODELLING OF WATER DISTRIBUTION UNDER DRIP IRRIGATION SYSTEMS

Boštjan NAGLIČ<sup>1</sup>, Cedric KECHAVARZI<sup>2</sup>, Marina PINTAR<sup>3</sup>

UDC / UDK 631.67:626.8:51(045)

review scientific article / pregledni znanstveni članek

received / prispelo: 25<sup>th</sup> October 2012

accepted / sprejeto: 14<sup>th</sup> November 2012

### Abstract

Information about the horizontal and vertical distances by which water spreads in soils under a point source is essential for the design of cost effective and efficient drip irrigation systems. The size of the wetting pattern is influenced by many factors, including soil physical properties, soil initial conditions as well as emitter discharge rate, irrigation management, crop root characteristics and evapotranspiration. Analytical, empirical and numerical models can help to predict soil water movement under point source irrigation for a wide range of soil and environmental conditions and varied design parameters and therefore save time and financial resources compared to field experiments.

**Key words:** agriculture, drip irrigation, wetting pattern, soil water distribution, modelling, prediction, irrigation systems

## MODELIRANJE RAZPOREJANJA VODE POD KAPLJIČNIMI NAMAKALNIMI SISTEMI

### Izveleček

Informacije o horizontalnem in vertikalnem pomikanju vode v tleh pod točkovnim vodnim virom so osnova za načrtovanje stroškovno sprejemljivih in učinkovitih kapljičnih namakalnih sistemov. Na velikost vzorca omočenih tal vpliva veliko faktorjev vključno s fizikalnimi lastnostmi tal, z začetno vsebnostjo vode v tleh, s pretoki kapljačev, z upravljanjem namakanja, z lastnostmi koreninskega sistema rastlin in z evapotranspiracijo. Analitični, empirični in numerični modeli lahko

---

<sup>1</sup> MSc, Plima, d. o. o., Cesta Žalskega tabora 14, 3310 Žalec, Slovenia, e-mail: bostjann.naglic@gmail.com

<sup>2</sup> PhD, University of Cambridge, Department of Engineering, Cambridge, CB2 1PZ, UK, e-mail: cedric.kechavarzi@gmail.com

<sup>3</sup> Prof. PhD, University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, Slovenia, e-mail: marina.pintar@bf.uni-lj.si

pomagajo pri napovedovanju pomikanja vode v tleh pod točkovnim virom namakanja za širok spekter tal, različne okoljske dejavnike in različne oblikovne parametre sistema ter lahko zato prihranijo čas in finančna sredstva, ki bi jih potrebovali za izvedbo poljskih poskusov.

**Ključne besede:** kmetijstvo, kapljično namakanje, vzorec omočenih tal, distribucija vode v tleh, modeliranje, napovedovanje, namakalni sistemi

## 1 INTRODUCTION

Worldwide about 70% of total water withdrawals is for irrigation purposes. This represents more than 90% of consumptive water use. A study by Bruinsma (2003) estimates that a 14% increase in irrigation water withdrawal is expected by 2030 in countries in development, without taking into account the impacts of climate change. As noted by Bates et al. (2008), the practices that increase the productivity of irrigation water use (crop output per unit water use) may provide significant adaptation potential under future climate change. Therefore, improvements in irrigation practices in the future (modified irrigation techniques or technology, including timing and amount) will play a very important role. In other words, the water availability both for production of food and for competing environmental and human needs will need to be assured. Drip irrigation offers a great potential to improve water management by improving crop yield and quality using less water, and by localising fertiliser and chemical applications which results in more efficient use and helps reduce pollution risk (Fernandez-Galvez and Simmonds, 2006). However, these benefits can only be realised if drip irrigation systems are designed and managed properly. Effective design is partly dependent on knowledge about the temporal evolution of the wetted soil volume which is strongly influenced by design parameters (emitters and lateral spacing, system pressure, flow rate, trickle emitter type) and soil type. There are some guidelines published to help end-users operate, maintain and install drip irrigation systems (for instance FAO, 2002). Unfortunately there are few, if any, clear guidelines to help design surface drip irrigation systems taking into account differences in soil hydraulic properties. Systems are, in engineering terms, often designed to an economic optimum, which may result in excessive or insufficient irrigation, which then fails to produce the desired output. This paper presents a short review of models developed specifically for determining soil water distribution and wetting pattern sizes under drip irrigation systems in order to improve their efficiency.

## 2 DRIP IRRIGATION MODELLING

Drip irrigation systems consist of point or line source emitters which are usually operated intermittently. The emitters sometimes interact. For irrigation of row crops, for instance, emitters have to be closely spaced along the laterals to maintain the necessary strip of wetted soil along the row. During irrigation (water infiltration) the water content in the soil changes spatially and temporally. In surface drip irrigation systems, the placement of the emitter directly above the soil surface enables infiltration within a very small area compared to the total area, of the soil surface. Under field conditions, the shape of the wetted volume of soil under a drip emitter is, according to Vermeiren and Jobling (1984), Cote et al. (2003), Gardenas et al. (2005) and Skaggs et al. (2010), influenced by soil texture, soil structure, soil hydraulic properties, anisotropy such as horizontal and vertical permeability and impermeable layers. The patterns of soil water content depend also on design parameters and management of the system (volume of water applied per irrigation, the rate of application (irrigation frequency), emitter distance (number of drippers), dripper placement (above or below soil surface), lateral positioning with respect to the plant row and initial soil moisture content). Information about the temporal evolution of the wetted volume in a given soil can help in establishing the optimal spacing between the emitters and the irrigation duration as a function of the soil volume where the crop roots are located (Provenzano, 2007). Lamm et al. (2007) mentioned that management, monitoring and modelling of soil water distribution under cropped conditions, also requires information on water uptake patterns by plants. Uptake patterns influence water distribution and are essential for obtaining reliable predictions of water and matric potential distributions within the wetted soil volume. Information on root water uptake is important for design purposes to match application uniformity, emitter spacing and discharge with the extent of plant root systems, and to ensure uniform root accessibility to wetted soil volume.

Lubana and Narda (2001) presented a review of modelling of soil water dynamics under drip emitters, and pointed out that there is still limited knowledge about water movement in soil in response to surface point sources. This is mainly because of the complex nature of the surface boundary condition. There is also a lack of understanding of how the soil water distribution is affected by the unsaturated hydraulic properties, which has sometimes resulted in non-optimal management and low water-use efficiency in drip irrigation systems. A better understanding of the interactions of irrigation method, soil type, crop root distribution, uptake patterns and rates of water applied, is needed to improve drip irrigation practices.

Some irrigation manuals, such as Vermairen and Jobling (1984), propose excavation of the soil beneath the emitter to visually observe the geometry of the wetting pattern. This poses several problems since it not possible to test all possible drip irrigation scheduling strategies under different field conditions because of the lack of time and necessary financial resources. A practical approach is to use soil-water flow, root growth, and water uptake models to simulate different irrigation strategies or to evaluate possible scheduling strategies. Then, the most promising strategies can be selected and tested under field conditions. This is a concept that is widely accepted to study and evaluate complex agricultural systems and to select efficient and economical technologies at the farm level. In this context the adoption of drip irrigation technologies in combination with models that describe water infiltration from a point source can play a major role.

For prediction of wetting patterns from a point source a number of models exist. They can be grouped as empirical, analytical or numerical models.

## 2.1 Empirical models

Empirical models have been developed, based on field observations, regression analysis or dimensional analysis. Keller and Karmeli (1974) presented a guide for estimating an average percentage of wetted area,  $P_w$  (Table 1). Table 1 estimates  $P_w$  for coarse (C), medium (M) and fine (F) textured soils for various emitter discharge rates and spacings. The emitter spacings, suggested in the table, should provide a continuous wetted strip of soil with uniform width approximately 30 cm beneath the soil surface. The values presented in the table are valid for predictions of  $P_w$  for a single straight lateral, with uniformly spaced emitters, when applying approximately 40 mm of water per irrigation cycle. As already mentioned, the optimum value for  $P_w$  is unclear; but, considering the current state of knowledge,  $P_w$  for widely spaced crops should be held below 67%. But for closely spaced crops (crops spaced less than 1.8 m apart)  $P_w$  can approach to 100%.

Keller and Bliesner (1990) presented a table (Table 2) for estimating the wetted area ( $A_w$ ). The estimation is based on a standard 4 L/h emitter for different soil types and depths. They stated that the  $A_w$ , wetted by one emitter at the soil surface, is usually less than half as large as  $A_w$  measured at a depth of 15 to 30 cm. They provided the values for different soil texture classes, soil depths and degrees of soil stratification. The values are based on daily or every-other-day irrigations, which apply sufficient volumes of water to slightly exceed the water crops need. Wetted area is approximated by a rectangle; the long dimension,  $w$ , is the expected maximum horizontal diameter of the wetted soil volume caused by one emitter.  $s$  is the short dimension and is representing 80 % of maximum expected diameter.  $S_e$  represents the emitter spacing, which should give a continuous wetted strip of soil.

If those two values are multiplied, the result is approximately the same as the circular wetted area. As clearly stated by the authors, these values should be used as guidelines only.

**Table 1:** Percentage of soil wetted by various emitter discharge rates and spacing for emission points in a straight line applying 40 mm of water per cycle (after Keller and Karmeli, 1974).

**Preglednica 1:** Odstotek omočenih tal z različnimi pretoki kapljačev in njihovimi medsebojnimi razdaljami za ravno namakalno linijo ob aplikaciji 40 mm vode na cikel (po Keller in Karmeli, 1974)

Effective spacing between laterals, m <sup>1</sup> (1.0 m = 3.3. ft)	Effective emission point discharge rate <sup>2</sup>														
	Under 1.5 L/h			2 L/h			4 L/h			8 L/h			Over 12 L/h		
Soil texture and recommended emission point spacing on the lateral <sup>3</sup> – m															
	C	M	F	C	M	F	C	M	F	C	M	F	C	M	F
	0.2	0.5	0.9	0.3	0.7	1.0	0.6	1.0	1.3	1.0	1.3	1.7	1.3	1.6	2.0
	Percentage of soil wetted <sup>4</sup>														
0.8	38	88	100	50	<u>100</u>	100	<u>100</u>	100	100	100	100	100	100	100	100
1.0	<u>33</u>	70	<u>100</u>	40	80	100	80	100	100	100	100	100	100	100	100
1.2	25	58	92	<u>33</u>	67	<u>100</u>	67	<u>100</u>	100	<u>100</u>	100	100	100	100	100
1.5	20	47	73	26	53	80	53	80	<u>100</u>	80	<u>100</u>	100	<u>100</u>	100	100
2.0	15	<u>35</u>	55	20	<u>40</u>	60	<u>40</u>	60	80	60	80	<u>100</u>	80	<u>100</u>	100
2.5	12	28	44	16	32	48	32	48	64	48	64	80	64	80	<u>100</u>
3.0	10	23	<u>37</u>	13	26	40	26	40	53	40	53	67	53	67	80
3.5	9	20	31	11	23	<u>34</u>	23	<u>34</u>	46	<u>34</u>	46	57	46	57	68
4.0	8	18	28	10	20	30	20	30	40	30	40	50	40	50	60
4.5	7	16	24	9	18	26	18	26	<u>36</u>	26	<u>36</u>	44	<u>36</u>	44	53
5.0	6	14	22	8	16	24	16	24	32	24	32	40	32	40	48
6.0	5	12	18	7	14	20	14	20	27	20	27	<u>34</u>	27	<u>34</u>	40

<sup>1</sup> Where double laterals (or laterals with multiple outlet emitters) are used in orchards, enter the table with both the spacing between outlets to either side of the tree row and across the space between the rows and proportion the percentages

<sup>2</sup> Where relatively short pulses of irrigation area applied, the effective emission point discharge rate should be reduced to approximately half of the instantaneous rate for safety

<sup>3</sup> The texture of the soil is designated by C. course; M, medium; and F, fine. The emission point spacing is equal to approximately 80 percent of the largest diameter of the wetted area of the soil underlying the point. (Closer spacings on the lateral will not affect the percentage area wetted)

<sup>4</sup> The percentage of soil wetted is based on the area of the horizontal section approximately 0.30 m (1.0 ft) beneath the soil surface. Caution should be exercised where less than 1/3 of the soil volume will be wetted.



**Table 2:** Estimated wetted area by 4 L/h drip emitter operating under various field conditions (after Keller and Bliesner, 1990).

**Preglednica 2:** Ocenjena omočena površina s kapljačem s pretokom 4 L/h v različnih terenskih pogojih (po Keller in Blesner, 1990)

Soil or root depth and soil structure	Degree of soil stratification and equivalent wetted soil area (m×m)		
	Homogeneous	Stratified	Layered
<b>Depth 0,75 m</b>			
Coarse <sup>1</sup>	0.4 × 0.5	0.6 × 0.8	0.9 × 1.1
Medium	0.7 × 0.9	1.0 × 1.2	1.2 × 1.5
Fine	0.9 × 1.1	1.2 × 1.5	1.5 × 1.8
<b>Depth 1,5 m</b>			
Coarse	0.6 × 0.8	1.1 × 1.4	1.4 × 1.8
Medium	1.0 × 1.2	1.7 × 2.1	2.2 × 2.7
Fine	1.2 × 1.5	1.6 × 2.0	2.0 × 2.4

<sup>1</sup>Coarse includes coarse to medium sands; medium includes loamy sands to loams; fine includes sandy clay to loam to clays.

Schwartzman and Zur (1986) developed a well known semi-empirical model (Equations 1 and 2) for determining the width, X, and the depth, Y, of the wetted soil volume under a point source.

$$X=1.82 V^{0.22} \left(\frac{Ks}{Q}\right)^{-0.17} \quad 1$$

$$Y=2.54 V^{0.63} \left(\frac{Ks}{Q}\right)^{0.45} \quad 2$$

Wetted soil volume was assumed to depend on the hydraulic conductivity of the soil (Ks), on emitter discharge rate (Q) and on the total amount of water in the soil (V). Using dimensional analysis, analytical expressions for wetted depth and width were obtained as functions of the above parameters. The equations coefficients were then obtained empirically based on experiments carried out on two types of soils (Gilat loam and Sinai sand). This model is one of the most practical for determination of soil wetted geometry for point sources. However, using the model for a wide range of conditions is questionable because it was calibrated only on two sets of experimental data, with only two soil types and two emitter discharge rates.

Healy and Warrick (1988) presented a method for estimating the time-variant extent of the wetting front that develops in the soil in response to water infiltrating from a surface point source. The method was based on numerical finite-difference solution of a dimensionless form of Richards' equation. The generalised solutions were obtained from empirical equations. The coefficients for these equations were tabulated for a variety of soil types and volumetric inflow rates by the same authors. Despite some assumptions (homogeneous soil, uniform initial soil moisture conditions, no evapotranspiration) the generalised empirical model presented, provided good results when compared with experimental data.

Amin and Ekhmaj (2006) presented an empirical model (Equations 3 and 4) for estimating surface wetted radius,  $X$ , and vertical distance,  $Y$ , of the wetting pattern front from the surface drip emitter:

$$X = \Delta\theta^{-0.5626} V^{0.2686} Q^{-0.0028} K_s^{-0.0344} \quad 3$$

$$Y = \Delta\theta^{-0.383} V^{0.365} Q^{-0.101} K_s^{0.195} \quad 4$$

Their model assumes that the wetting pattern dimensions are a function of average change of volumetric water content within the wetted zone,  $\Delta\theta$ , total volume of water applied,  $V$ , application rate,  $Q$ , and saturated hydraulic conductivity,  $K_s$ . Their approach is empirical as they modified the Schwartzman and Zur (1986) model by adding the average change in volumetric water content as one of the parameters in their equation and used published experimental data from Taghavi et al. (1984), Angilelakis et al. (1993), Hammami et al. (2002), and Li et al. (2003) to determine the equation coefficients using nonlinear regression. They concluded, based on these experiments which included sand, loamy sand, loam, silty clay and sandy loam soils, that the soil type, volume of applied water and emitter discharge rate were the most important factors that affected the wetted zone width and depth.

Kandelous and Šimůnek (2010a) compared the two empirical models of Schwartzman and Zur (1986) and Amin and Ekhmaj (2006) against field data, to evaluate their accuracy in predicting wetted zone dimensions. Results showed better prediction capability of the Amin and Ekhmaj (2006) model in comparison with the Schwartzman and Zur (1986) model. In some cases the Amin and Ekhmaj (2006) model predicted wetting pattern geometry even better than numerical models results. The better predictive capability of the Amin and Ekhmaj (2006) model can be explained by its use of  $\Delta\theta$ . Kandelous and Šimůnek (2010a) concluded that soil water content plays an important role when predicting wetted geometry for surface drip irrigation systems.

Recently Malek and Peters (2011) presented a new empirical formula (Equations 5 and 6), of the same type as that of Amin and Ekhmaj (2006), for prediction of soil wetted dimensions around the surface drip emitter. The coefficients were obtained by using regression analysis on the results of field experiments done in Iran. Based on those results Schwartzman and Zur (1986), Amin and Ekhmaj (2006) and analytical model WetUp (presented below) were also evaluated. The best results were obtained with the newly proposed model. And they demonstrate that the suggested equations can be used for a wide range of soils and emitter discharge rates.

$$X = Q^{0.543} K_s^{0.772} t^{0.419} \Delta\theta^{-0.687} \rho_b^{0.305} \quad 5$$

$$Y = Q^{0.398} K_s^{0.208} t^{0.476} \Delta\theta^{-1.253} \rho_b^{0.445} \quad 6$$

Wetted widths (X) and depths (Y) depend on discharge rate (Q), hydraulic conductivity (K<sub>s</sub>), average volumetric water content during irrigation ( $\Delta\theta$ ), soil bulk density ( $\rho_b$ ) and irrigation duration (t).

## 2.2 Analytical models

Analytical models for predicting the geometry of wetting patterns under surface point source usually solve the governing water flow equation under specific conditions. Analytical models rely on assumptions, such as soil homogeneity and uniform initial soil moisture distribution.

Cook et al. (2003) developed a user friendly Microsoft Windows-based software programme, WetUp, that provides visualisation of the wetting patterns. The programme estimates dimensions of the wetting patterns, in different soil textures with different soil hydraulic characteristics, for surface or subsurface point sources (emitters). WetUp contains a database of predefined soil types, emitter flow rates (from 0.503 to 2.7 L/h), application times (1–24 h), initial soil moisture conditions (3, 6 and 10 m of suction) and emitter position (surface or subsurface). WetUp uses a Philip's (1984) solution for flow from a surface and subsurface point source. The solution determines the travel time of water and is based on a quasi-linear analysis of steady three dimensional unsaturated water flow.

Kandelous and Šimůnek (2010a) compared WetUp to other empirical and numerical solutions, for estimating the size of the wetting pattern. WetUp predictions of the geometry of the wetting pattern were less precise compared to the model of Amin and Ekhmaj (2006) or numerical model results obtained with Hydrus-2D (Šimůnek et al., 1999). Cook et al. (2003) also reported that WetUp

tends to underestimate horizontal wetting for large volumes of water applied to coarse textured soils.

Other analytical solutions have been derived for steady infiltration from a buried point source and from cavities (Philip, 1968, 1984), from a surface point (Warrick, 1974), and, from shallow circular ponds (Wooding, 1968). Mmolawa and Or (2000) presented a semi-analytical model for calculating water flow and non-reactive solute transport with and without plant uptake for a buried or surface point source.

Application of analytical models in drip irrigation management is limited because the solutions are based on limiting assumptions with regards to source configurations, boundary conditions, the linearization of the flow equation and homogeneous soil hydraulic properties. In addition, most of them do not take into account root water uptake.

### **2.3 Numerical studies**

There are a number of numerical models developed with the purpose of simulating surface and subsurface point source water infiltration. Brandt et al. (1971) developed a model to analyse multidimensional transient infiltration from a trickle source. Bresler et al. (1971) compared the theory discussed by Brandt et al. (1971) with experimental results. Calculated and measured locations of wetting fronts and soil water content distribution were examined. They concluded that, despite the dissimilarity between the theoretical and experimental results, the agreement is sufficient for the practical implementation of the theory.

In 1975 Bresler reported a study about numerical model simulations for analysis of multidimensional simultaneous transport of water and a non-interacting solute, applicable infiltration from a trickle source. Mostaghimi et al. (1982) studied water movement in silty clay loam soil under single emitter source. They used the numerical method of Bresler (1975) and compared it to laboratory experimental results. They found reasonable agreement between predicted and measured soil water content.

Lafolie et al. (1989) presented a numerical solution which allows predictions of water content distribution under drip irrigation. Šimůnek et al. (1996) developed a software package, Hydrus-2D, which was updated to provide a third dimension, now called Hydrus-2D/3D (Šimůnek et al., 2006). The model enables implementation of three-dimensional water flow, solute transport, and root-water and nutrient uptake based on finite-element numerical solutions of the flow and transport equations. For the water flow module, the program numerically solves Richards' equation (Richards, 1931) for variably saturated flow. The flow equation

also incorporates a sink term to simulate water uptake by plant roots. In 2011, a new version of Hydrus-2D/3D was released. New features, which can be used for simulating drip irrigation design and management, include various new boundary conditions for surface and subsurface drip irrigation and a triggered irrigation function (irrigation can be triggered by the program when the pressure head drops below specified value) (Šejna et al. 2011). Due to increasing computer speed and availability of more comprehensive numerical models, Hydrus-2D/3D is now increasingly being used for evaluating drip irrigation systems. The number of such studies is extensive and has been growing steadily in recent years (Assouline, 2001; Schmitz et al., 2002; Cote et al., 2003; Skaggs et al., 2004; Lazarovitch et al., 2005, 2007; Fernandez-Galvez and Simmonds, 2006; Dahiya et al., 2007; Provenzano, 2007; Patel and Rajput, 2008; Elmaloglou and Diamantopolus, 2009; Kandelous and Šimunek, 2010a, b; Rodriguez-Sinobas et al., 2010; Skaggs et al., 2010; Bufon et al., 2011; Kandelous et al., 2011; Phogat et al., 2011).

Some of these studies simulate subsurface drip irrigation (SDI) process as a line source (a lateral) (Ben-Gal et al., 2004; Skaggs et al., 2004; Patel, 2008; Bufon et al., 2011; Phogat et al., 2011), while others simulate SDI by means of a point source, as individual emitter (Lazarovitch et al., 2005; Provenzano, 2007; Kandelous and Šimunek, 2010a, b). Some authors have also assessed the ability of Hydrus to simulate water movement from surface drip irrigation systems (Assouline, 2001; Gardenas et al. 2005) but the number of studies on surface drip irrigation has been limited by the lack of appropriate boundary conditions (a problem which is now resolved by the introduction of version 2.0 in 2011). All of these studies have been carried out using either planar or axisymmetrical two-dimensional flow domains. These are not appropriate when modelling water content distribution (wetting patterns) between two adjacent emitters or water content distribution under point source when plants are grown on ridges (e.g. potato, soybeans, hops, cotton). In those cases three-dimensional modelling is required to describe the flow process adequately. Recently Kandelous et al. (2011) used Hydrus-2D/3D to analyse field data using modelling approaches in which emitters were represented either as a point source in an axisymmetrical two-dimensional domain, a line source in a planar two-dimensional domain or a point source in a fully three-dimensional domain. Results showed that SDI systems can be accurately described using an axisymmetrical two-dimensional domain only before wetting patterns from two adjacent emitters start to overlap; and using a planar two-dimensional domain only after full merging of the wetting fronts from neighbouring emitters. A fully three-dimensional model appears to be required to entirely describe the subsurface drip irrigation process.

Kandelous and Šimunek (2010a) compared numerical, analytical and empirical models to estimate wetting patterns for surface and subsurface irrigation. They

evaluated the accuracy of several approaches used to estimate wetting zone dimensions by comparing their predictions with field and laboratory data, including the numerical Hydrus-2D model, the analytical WetUp software and selected empirical models (Schwarzman and Zur, 1986; Amin and Ekhmaj, 2006; Kandelous et al., 2008). They used the mean absolute error to compare the model predictions and observations of wetting zone dimension. Mean absolute error for different experiments and directions varied from 0.9 to 10.4 cm for Hydrus, from 1 to 58.1 cm for WetUp and from 1.3 to 12.2 cm for other empirical models.

Skaggs et al. (2010) used numerical simulations with Hydrus-2D to investigate the effect of application rate, antecedent water content and pulsed water application on horizontal water spreading from drip irrigation emitters. Results showed that higher antecedent water content increases water spreading from trickle irrigation systems, but the increase is bigger in the vertical than in the horizontal direction. Also, lower application rates and pulsing, produced minor increases in horizontal spreading of water. Some irrigation treatments were tested in field trials and they confirmed the simulation results. Overall they found out that soil texture (hydraulic properties), and antecedent water content largely determine the spreading and distribution of a given water application, with pulsing and flow rate having very little effect.

Provenzano (2007) studied wetted soil volume for subsurface drip irrigation numerically, with Hydrus-2D, and experimentally. He presented the dimensions of the wetted soil volume as a function of duration of irrigation, emitter discharge rate and initial soil moisture conditions. Results clearly showed that, for fixed initial soil moisture content, wetting pattern increased with irrigation duration. If a duration of application is fixed, the wetting pattern increases with increase in initial soil moisture content.

Cote et al. (2003) also used the numerical model Hydrus-2D to investigate the effect of pulsed water applications on the size of the wetting pattern for subsurface drip irrigation for sand, loam and silty clay loam soils. They found that soil hydraulic properties greatly influence the geometry of wetting pattern. Irrigation frequency (pulsing) has slightly increased the dimensions of the wetting pattern in highly permeable coarse textured soil. Also, similarly to Skaggs et al. (2010), high discharge rates from a SDI tend to increase vertical spreading more than horizontal. The simulations also highlighted that, in order to achieve a desired wetted volume, the drip irrigation system discharge rate has to be regulated according to particular soil type and consequently its hydraulic properties.

Assouline (2001) presented a study about the effect of different emitter discharge rates, including microdrip emitters (emitter discharge rate < 0.5 L/h), on different water regimes in surface drip irrigated corn. In this study, three emitter discharge rates (0.25, 2.0 and 8 L/h) were compared in field experiments and in numerical

simulations using Hydrus-2D. Field experiments showed that, under microdrip irrigation, the highest relative water content occurred in the upper 30 cm of the soil profile and the lowest in the 60 to 90 cm layer. Numerical results showed that, under microdrip irrigation treatment, the wetted volume of soil was smallest in both horizontal and vertical directions. The water content gradients in the microirrigation treatment were also smaller in both directions, compared to 2.0 and 8.0 L/h discharge rates. A saturated zone of soil developed only beneath the 8.0 L/h dripline. The depth of the wetting front below the dripline was shallowest under microdrip irrigation treatment.

Gardenas et al. (2004) used a two-dimensional axisymmetrical modelling approach to examine the influence of fertigation strategy and soil type on nitrate leaching potential. In this study the Hydrus code was modified to include a new boundary condition which allowed simulation of surface drip irrigation with dynamic wetting (this boundary has been included in 2011 in version 2.0 of Hydrus-2D/3D). The studies of Gardenas et al. (2004) and Assouline (2001) remain the only studies investigating water distribution under surface drip irrigation using the numerical model Hydrus.

### 3 CONCLUSIONS

Water distribution under drip irrigation systems is a three dimensional problem. It mainly depends on soil physical and hydraulic properties, crop evapotranspiration, drip irrigation system management and design parameters, such as emitter spacing, discharge rates, amount of water applied per irrigation, irrigation frequency (pulsing, continuous irrigation) and target soil moisture deficit (depletion). All these factors have to be considered when designing drip irrigation systems. For row crops, for example, such design should aim to produce a continuous wetted strip of a depth equal to that of the plant root zone. Although there are some guidelines published to help end users design surface drip irrigation systems, these do not consider the impact of soil type and specific hydraulic properties on wetting patterns in sufficient details. Because of limitations on financial resources and time needed to carry out field experiments which have to take field variability into account, empirical, analytical and numerical models can provide very useful tools for assessing the influence of design parameters and management strategies on water distribution in different soil types. Existing analytical or empirical models for predictions of the dimensions of the soil wetting patterns are based on experimental results from small number of soil types and emitter discharge rates and they have to be validated to other site-specific conditions. Numerical models, such as Hydrus-2D/3D, allow users better control and can simulate a wide range of drip irrigation systems under varied design parameters and management strategies, using more

realistic soil physical properties, initial and boundary conditions. On the other hand, because of this flexibility, numerical models require larger amounts of reliable input data.

#### 4 REFERENCES

- Amin M.S.M., Ekhmaj A.I.M. DIPAC-drip irrigation water distribution pattern calculator. In: 7th International micro irrigation congress, 10–16 Sept. PWTC, Kuala Lumpur, Malaysia. 2006.
- Angelakis A.N., Rolston D.E., Kadir T.N., Scott V.N. Soil-water distribution under trickle source. *J. Irrig. Drain. Eng.* 1993; 119(3): 484–500.
- Assouline S. The effects of microdrip and conventional drip irrigation on water distribution and uptake. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 2002; 66(5): 1630-1636.
- Bates B.C., Kundzewicz Z.W., Wu S., Palutikof J.P. Climate Change and Water. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariat, Geneva. 2008: 210.
- Ben-Gal A., Lazarovitch N., Shani U. Subsurface drip irrigation in gravel-filled cavities. *Vadose Zone J.* 2004; 3(4): 1407–1413.
- Brandt A., Bresler E., Diner N., Ben-Asher I. K., Heller J., Goldberg D. Infiltration from a trickle source: I. Mathematical models. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 1971; 35(5): 683–689.
- Bresler E., Heller J., Diner N., Ben-Asher J., Brandt A., Goldberg D. Infiltration from a trickle source. II: Experimental data and theoretical predictions. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 1971; 35(5): 683–689.
- Bresler E. Two-dimensional transport of solutes during non-steady infiltration from a trickle source. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 1975; 39(4): 604–613.
- Bruinsma J. World Agriculture: Towards 2015/2030. An FAO Perspective. Earthscan, London. 2003; 444.
- Bufon V.B., Lascano R.J., Bednarz C., Booker J.D., Gitz D.C. Soil water content on drip irrigated cotton: comparison of measured and simulated values obtained with the Hydrus 2-D model. *Irrig. Sci.* 2011; 30 (4):259-273.
- Cook F.J., Thorburn P.J., Fitch P., Bristow K.L. Wet up: A Software Tool to Display Approximate Wetting Patterns from Drippers. *Irrig. Sci.* 2003; 22(3-4): 129-134.
- Cote C.M., Bristow K.L., Charlesworth P.B., Cook F.J., Thorburn P.J. Analysis of soil wetting and solute transport in subsurface trickle irrigation. *Irrig. Sci.* 2003; 22(3-4): 143–156.
- Dahiya R., Hhorar J.B.S., Malik R.S., Ingwersen J., Streck T. Simulation of water and heat transport in drip-irrigated sandy soil under mulched conditions. *J. Indian Soc. Soil Sci.* 2007; 55 (3): 233-240.
- Elmaloglou, S. and Diamantopoulos, E. Simulation of soil water dynamics under subsurface drip irrigation from line sources. *Agric. Water Manag.* 2009; 96(11): 1587–1595.
- FAO Irrigation manual. Planning, development monitoring and evaluation of irrigated agriculture with farmer participation, Module 9: Localized irrigation systems planning, design, operation and maintenance (English) Savva, A.P., FAO, Harare (Zimbabwe). Subregional Office for Southern and East Africa. 2002a; 82.



- Fernandez-Galvez J., Simmonds L.P. Monitoring and modelling the three-dimensional flow of water under drip irrigation. *Agric. Water Manag.* 2006; 83 (3): 197–208.
- Gardenas A, Hopmans J.W., Hanson B.R., Šimůnek J. Two dimensional modeling of nitrate leaching for various fertigation scenarios under micro-irrigation. *Agric. Water Manag.* 2005; 74(3): 219–242.
- Hammami M., Daghari H., Balti J., Maalej M. Approach for predicting the wetting front depth beneath a surface point source: Theory and numerical aspect. *Irrig. Drain.* 2002; 51 (4): 347–360.
- Healy R.W., Warrick A.W. A generalized solution to infiltration from a surface point source. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 1988; 52(5): 1245–1251.
- Kandelous M.M., Šimůnek J. Comparison of numerical, analytical and empirical models to estimate wetting pattern for surface and subsurface drip irrigation. *Irrig. Sci.* 2010a; 28: 435-444.
- Kandelous M.M., Šimůnek J. Numerical simulations of water movement in a subsurface drip irrigation system under field and laboratory conditions using HYDRUS-2D. *Agric. Water Manag.* 2010b; 97(4): 1070-1076.
- Kandelous M.M., Šimůnek J., van Genuchten M.Th., Malek K. Soil water content distributions between two emitters of a subsurface drip irrigation system. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 2011; 75 (2): 488-497.
- Keller J., Karmeli D. Trickle irrigation design parameters. *Trans. ASAE.* 1974; 17(4): 678-684.
- Keller J., Bliesner R. Sprinkle and trickle irrigation. Chapman and Hall, New York. 1990; 739.
- Lafolie F., Guennelon R., Van Genuchten M. Analysis of water flow under trickle-irrigation, I: theory and numerical solution. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 1989; 53(5): 1310-1318.
- Lamm F.R., Ayars J.E., Nakayama F.S. Microirrigation for Crop Production - Design, Operation and Management. Elsevier Publications. 2007; 608.
- Lazarovitch N., Šimůnek J., Shani U. System dependent boundary condition for water flow from subsurface source. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 2005; 69 (1): 46-50.
- Lazarovitch N, Warrick A.W., Furman A., Šimůnek J. Subsurface water distribution from drip irrigation described by moment analyses. *Vadose Zone J.* 2007; 6(1): 116–123.
- Li J., Zhang J., Ren L. Water and nitrogen distribution as affected by fertigation of ammonium nitrate from a point source. *Irrig. Sci.* 2003; 22 (1): 12-30.
- Lubana P.P.S., Narda N.K. Modelling soil water dynamics under trickle emitters - a review. *J. Agric. Eng. Res.* 2001; 78 (3): 217–232.
- Malek K., Peters R.T. Wetting pattern models for drip irrigation: new empirical model. *J. Irrig. Drain. Eng.* 2011; 137(8): 530–537.
- Mmolawa K., Or D. Water and Solute Dynamics under a Drip-Irrigated Crop: Experiments and Analytical Model. *Trans. ASAE.* 2000; 43(6): 1597-1608.
- Patel N., Rajput T.B.S. Dynamics and modeling of soil water under subsurface drip irrigated onion. *Agric. Water Manag.* 2008; 95(12): 1335-1349.
- Phogat V., Mahadevan M., Skewes M., Cox J.W.. Modelling soil water and salt dynamics under pulsed and continuous surface drip irrigation of almond and implications of system design. *Irrig. Sci.* 2012; 30(4): 315-333.

- Philip J.R. Steady Infiltration from Buried Point Sources and Spherical Cavities. *Water Resour. Res.* 1968; 4(5): 1039-1047.
- Philip J.R. Travel-Times from Buried and Surface Infiltration Point Sources. *Water Resour. Res.* 1984; 20(7): 990-994.
- Provenzano G. Using HYDRUS-2D Simulation Model to Evaluate Wetted Soil Volume in Subsurface Drip Irrigation Systems. *J. Irrig. Drain. Eng.* 2007; 133 (4): 342-349.
- Richards L.A. Capillary conduction of liquids in porous mediums. *Physics.* 1931; 1(5): 318-333.
- Rodríguez-Sinobas L., Gil-Rodríguez M., Sánchez R., Losada A., Castañón G., Juana L., Laguna F.V., Benítez J. Simulation of Soil Wetting Patterns in Drip and Subsurface Irrigation. Effects in Design and Irrigation Management Variables. *Geophysical Research Abstracts.* 2010; 12, EGU 2010: 15064.
- Schmitz G.H., Schutze N., Petersohn U. New strategy for optimizing water application under trickle irrigation. *J. Irrig. Drain. Eng.* ASCE. 2002; 128 (5): 287-297.
- Schwartzman M., Zur B. Emitter spacing and geometry of wetted soil volume. *J. Irrig. Drain. Eng.* 1986; 112(3): 242-253.
- Skaggs T.H., Trout T.J., Šimůnek J., Shouse P. J. Comparison of Hydrus-2D simulations of drip irrigation with experimental observations. *J. Irrig. Drain. Eng.* 2004; 130(4): 304-310.
- Skaggs T.H., Trout T.J., Rothfuss Y. Drip Irrigation Water Distribution Patterns: Effects of Emitter Rate, Pulsing, and Antecedent Water. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 2010; 74(6): 1886-1896.
- Šejna M., Šimůnek J., van Genuchten M.Th. The HYDRUS Software Package for Simulating Two- and Three-Dimensional Movement of Water, Heat, and Multiple Solutes in Variably- Saturated Media, User Manual, Version 2.0, PC Progress, Prague, Czech Republic. 2011; 284.
- Šimůnek J., Šejna M., van Genuchten M.Th. The HYDRUS-2D software package for simulating water flow and solute transport in two dimensional variably saturated media. Version 1.0. IGWMC-TPS-53. Int. Ground Water Modeling Ctr., Colorado School of Mines, Golden. 1996; 167.
- Šimůnek J., van Genuchten M.Th, Šejna M. The HYDRUS software package for simulating two- and three-dimensional movement of water, heat, and multiple solutes in variably-saturated media: Technical manual. Version 1.0. PC-Progress, Prague, Czech Republic. 2006; 213.
- Taghavi S.A., Marino M.A., Rolston D.E. Infiltration from trickle-irrigation source. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering.* American Society of Civil Engineering. 1984; 110(4): 331-341.
- Vermeiren L., Jobling G.A. Localized irrigation. FAO Irrigation and Drainage Paper 36, FAO-UN, Rome, Italy. 1984; 203.
- Warrick A.W. Time-dependent linearized infiltration: I. Point sources. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 1974; 38(3): 383-386.
- Wooding R.A. Steady Infiltration from a Shallow Circular Pond. *Water Resour. Res.* 1968; 4(6): 1259-1273.