



БИБЛИОТЕКА DISSERTATIO

Др Милица Аћимовић

Ким (*Carum carvi* L.)
Caraway (*Carum carvi* L.)



Задужбина Андрејевић

Библиотека DISSERTATIO



Издавач: ЗАДУЖБИНА АНДРЕЈЕВИЋ

11120 Београд, Држићева 11
тел./факс: 011/3862-430, 2401-045
e-mail: zandrejevic@gmail.com
www.zandrejevic.rs

За издавача,
главни и одговорни уредник
Проф. др Коста Андрејевић

Редакцијски одбор
Библиотеке DISSERTATIO
Проф. др Живан Максимовић,
председник
Проф. др Мирјана Ротер Благојевић,
потпредседница
Проф. др Теодора Бељић Живковић
Проф. др Душан Иванић
Проф. др Илија Кајтез
Проф. др Борис Лончар
Проф. др Срђан Марковић
Проф. др Душанка Милојковић-
Опсеница
Проф. др Радмила Николић
Проф. др Весна Ракић-Водинелић
Проф. др Татјана Стародубцев
Проф. др Борислав Стојков
Проф. др Данијел Цвјетићанин

Аутор
Др Милица Аћимовић
Ким (Carum carvi L.)

Оцена научног дела
Проф. др Стеван Маширевић

Рецензенти
Др Љиљана Костадиновић, научни
сарадник
Проф. др Наташа Милић

Уредница
Татјана Андрејевић, проф.

Лектура
Ивана Миљевић Јелен

Графичка припрема
Хелена Митић, инж. граф. тех.

Насловна страна
Carum carvi L.

Штампа
Instant system д.о.о., Београд

Тираж
500 примерака
ISSN 0354-7671
ISBN 978-86-525-0252-3

БИБЛИОТЕКА DISSERTATIO

Др Милица Аћимовић

Ким (*Carum carvi* L.)



Задужбина Андрејевић
Београд, 2016.

*Милану, Сањи и Радославу,
за бескрајну подршку и разумевање*

Садржај

1.	Сажетак	7
2.	Увод	9
3.	Морфологија кима	10
3.1.	Морфолошки опис биљке	10
3.2.	Морфолошки опис плода	14
4.	Хемијски састав плода кима	17
4.1.	Садржај етарског уља у плоду кима	17
4.2.	Хемијски састав етарског уља плода кима	18
4.3.	Масно уље плода кима	22
5.	Употреба кима	23
5.1.	Фармаколошка употреба кима	23
5.2.	Употреба кима у органској пољопривреди	26
6.	Фенолошке фазе и агроколошки услови успевања кима	27
6.1.	Фенолошке фазе кима	27
6.2.	Утицај временских услова на фенолошке фазе кима	28
6.3.	Утицај временских услова на квалитативне и квантитативне параметре	31
7.	Гајење кима	36
7.1.	Заснивање усева	36
7.2.	Нега усева	38
7.3.	Жетва	40
8.	Кумин (<i>Cuminum cyminum</i> L.)	41
8.1.	Морфологија кумина	41
8.2.	Хемијски састав и употреба кумина	42
8.3.	Услови успевања и гајење кумина	44

9.	Индекс појмова	46
10.	Литература – References	47

1.

Сажетак

У овој монографији приказан је ким као лековита и ароматична биљка, која је широм Европе омиљени зачин, посебно у месним прерађевинама и пецивима, као и традиционални лек код поремећеног варења. Последњих година научно је потврђено да ким има велики потенцијал посебно у фармацеутској индустрији, и као дијететски суплемент у свакодневној исхрани у циљу превенције многих болести.

У монографији су дате детаљне информације о морфолошким карактеристикама биљке и плода. Како се код кима првенствено користи плод, богат етарским уљем, посебна пажња је посвећена његовом хемијском саставу, као и факторима који га условљавају. Доминантне компоненте етарског уља кима су карвон и лимонен, а њихов однос одређује квалитет плодова.

Монографија се бави и анализом агроколошких услова успевања ове биљке и фенолошким фазама, али и потребама за топлотом, влагом и осунчаношћу током развојног циклуса једногодишњег кима.

Ауторка детаљно описује гајење једногодишњег кима, при чему је нарочита пажња посвећена плодореду, обради земљишта и ђубрењу како у конвенционалном тако и у органском систему ратарења. Пошто се ким размножава искључиво директном сетвом, анализирани су: време сетве, сетвена норма и квалитет семенског материјала (енергија клијања и укупна клијавост). Нега усева и жетва, принос и прерада ове биљке такође су тема монографије.

У монографији је приказан и кумин, који се назива још и индијски ким или ђира. Плод ове биљке по изгледу је врло сличан европском киму, те се ове две врсте често мешају. Плодови кумина су такође богати етарским уљем, али у њему доминира куминалдехид, који даје оштар мирис карактеристичан за индијску кухињу.

У овој монографији су приказани ауторски резултати, као и резултати већег броја истраживача који су проучавали ове биљке, тако да монографија представља синтезу досадашњих сазнања о киму и кумину, и самим тим је значајан литературни извор за друге научнике, као и за оне који желе да сазнају више о овој теми.

Кључне речи:

1. *Carum carvi* L.
2. морфолошке карактеристике
3. етарско уље
4. употреба
5. фенолошке фазе
6. услови успевања
7. гајење
8. болести
9. *Cuminum cyminum* L.

2. Увод

Ким (*Carum carvi* L.) јесте биљка из фамилије Apiaceae (Umbelliferae), пореклом из медитеранског подручја. Има две форме: једногодишњу (*Carum carvi* var. *annua*), која се гаји у топлијем климатском подручју, и двогодишњу (*Carum carvi* var. *biennis*), која се гаји у хладнијем климату.

Ким је једна од најстаријих зачинских биљака, пронађен је при археолошким ископавањима насеља из доба неолита. Током XVIII и у првој половини XIX века плодови кима су коришћени за побољшање укуса хлеба, али и да би се спречио развој плесни [57].

Као природни конзерванс и коригенс укуса ким се додаје и кобасицама, међу којима је и надалеко познати кулен који се производи у Србији, у околини Бачког Петровца (Petrovska klobasa) [51]. Етарско уље кима може успешно да се користи и као природни конзерванс при производњи млечних прерађевина, посебно грчког јогурта [83]. Слична му је употреба и у посластичарској индустрији, где се нарочито користи као додатак кремевима и сладоледима.

Широм Европе користи се и за ароматизацију алкохолних пића. У Србији се прави кимова ракија, која се добија прерадом природног винског дестилата оплемењеног кимом, а у народу је познато да отвара апетит и побољшава варење. У скандинавским земљама прави се алкохолно пиће са додатком кима „Aqavit“, на Исланду „Brennivín“, док се у Немачкој прави „Kummel“.

3.

Морфологија кима

У овом поглављу дат је детаљан опис биљке и плода кима са сликама. Поред тога, дат је приказ пет морфолошких карактеристика (висина биљака, број штитова по биљци, пречник штитова, број плодова у штиту, маса 1000 плодова) које смо пратили током 2011. и 2012. године на три огледна поља у Војводини.

3.1. Морфолошки опис биљке

Ким (*Carum carvi* L.) ($2n = 20$) јесте зељаста биљка, а једногодишње и двогодишње форме су међусобно веома сличне у морфолошком погледу.

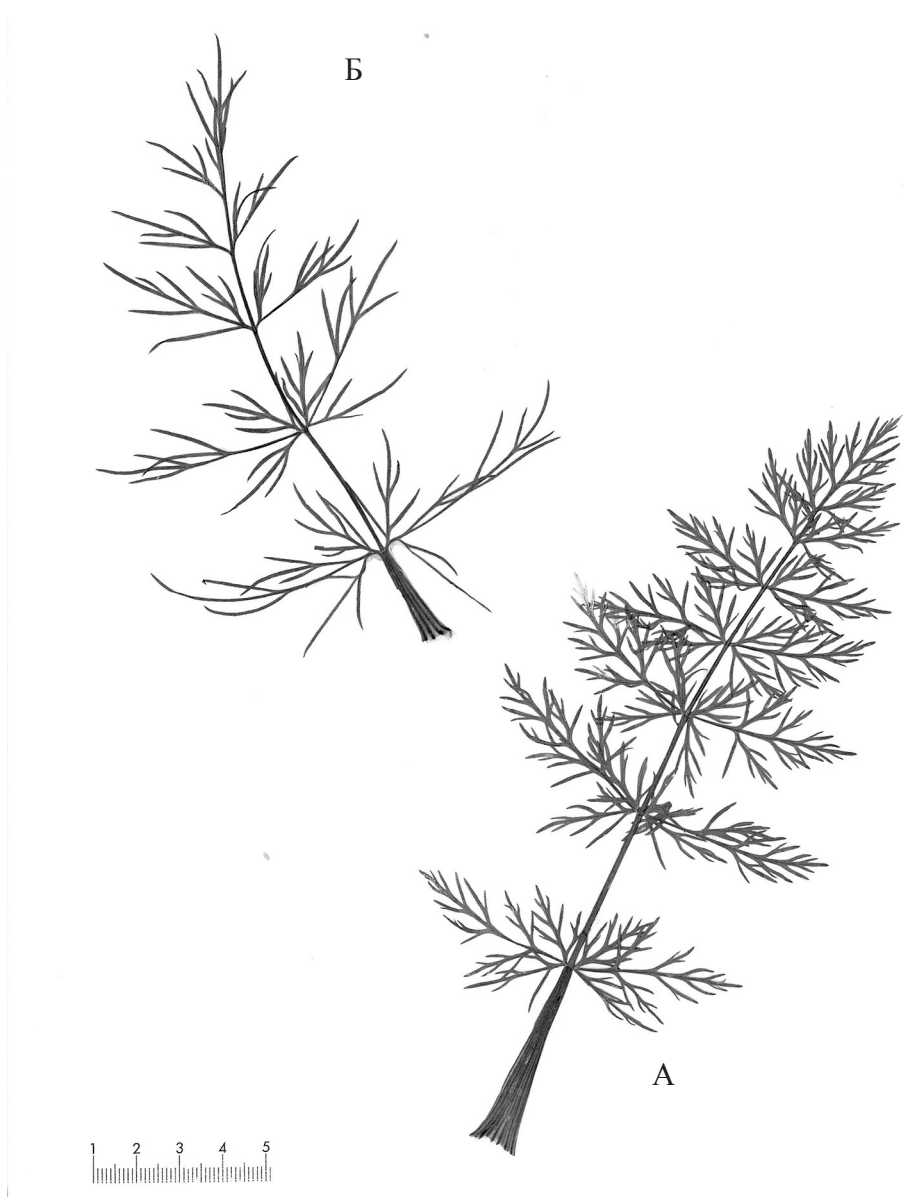
Коренов систем је осовински, беле или бледо жуте боје, дужине 15–20 cm и дебљине 1–2 cm. Ким клија са два ланцетаста силазећа котиледона, слабо изражене нерватуре. Врхови котиледоних листића су шиљати и стоје хоризонтално. Хипокотил је кратак и дебео. Први прави лист је неједнако перасто издељен.

„Листови лисне розете као и доњи листови на стаблу су на дугим лисним дршкама, са 6–12 седећих режњева који су двоструко или троструко перасто дељени. Листови на стаблу су распоређени наизменично, а листови при врху стабла су кончасти, седећи“ [1, стр 3] (слика 1).

Двогодишње форме кима у првој години образују само лисну розету, коју чини 7–18 листова обично дужине и до 20 cm. Са завршетком вегетационог периода надземни део изумире, а корен презимљава, и у пролеће наредне године развој биљке почиње рано, а већ 4–5 недеља након појаве првих изданака израстају цветоносне стабљике. Вегетациони период ове форме кима обично траје 440–460 дана.

Једногодишње форме кима формирају розету са много мање листова (обично до пет), и врло брзо почиње развој цветоносног стабла, а вегетациони период траје 140–160 дана.

Цветоносно стабло је усправно, у горњем делу разгранато. Проучавањем фенотипских својстава и генетичког диверзитета популација двогодишњег кима у Литванији установљено је да се висина биљака кретала од 33 до 100 cm [91].



Слика 1. Листови кима: А) лист лисне розете, Б) лист са цветоносног стабла [1]

У истраживањима која смо урадили на једногодишњем киму током две године (2011/12) на три локалитета у Војводини (Мошорин, Велики Радинци и Остојићево), при примени шест различитих режима ђубрења (контрола, Славол, *BactoFil B-10*, *Royal Ofert* биохумус, глистењак и хемијско NPK ђубриво), висина биљака се кретала од 39,04 до 74,71 cm (табела 1). Услови године знатно су утицали на овај параметар. „У 2011. години остварена је за око 14% већа висина биљака у поређењу са 2012. годином“ [1, стр 62]. Смањење висине биљака током сушне године, као и за око 20% мање образоване биомасе, наводе и други аутори [70]. Из овога се може

закључити да суша знатно утиче на смањење висине биљака. Констатовано је да је висина биљака у директној зависности од метеоролошких услова, тј. да зависи од количине падавина и температуре ваздуха односно од хидротермалног коефицијента (НТС) [91].

Локалитет је такође знатно утицао на висину биљака. На експерименталној парцели у Остојићеву забележене су најниже биљке, док су у Мошорину биле највише, што се доводи у везу са највећом количином укупног азота на овом локалитету, а познато је да овај макроелемент стимулише вегетативни пораст биљака.

Испитивањем утицаја ђубрива на висину биљака може се видети да су статистички значајно најниже биљке биле на контролној парцели, док су при примени глистењака биле за 4,6% више, што је статистички значајна разлика. Примена хемијског NPK ђубрива такође знатно повећава висину биљака (за 3,4%) у поређењу са контролом.

У агроколошким условима Египта утврђено је да се висина биљака кретала од 91,5 до 116,5 cm у зависности од количине примењеног азота и калијума. Са повећањем количине азота повећава се и висина биљака, док калијум знатно утиче на овај параметар тек у количини од 90 kg/ha [36].

Цваст је сложен штит, који се састоји од 5 до 16 примарних зрака – штићића. Цветови су петоделни, крунични листићи су беле или бледо розе боје, врхом савијени навише. Цветови су симетрични, по ободу штита су обично крупнији од средишњих. Цветови су хермафродитни, а при крају цветања најчешће само мушки (андромоноецизам).

У просеку двогодишњих истраживања на три локалитета и при примени шест различитих режима ђубрења биљке једногодишњег кима су образовале по 15,40 штитова. „На број образованих штитова по биљци значајно су утицали климатски услови током године и локалитет. У 2012. години биљке кима су формирале значајно мањи број штитова по биљци у поређењу са 2011. годином“ [1, стр 65]. Наши резултати су потврдили констатацију других аутора да у условима суше долази до смањења броја штитова по биљци, што доводи до смањења приноса по јединици површине [70].

На локалитету Велики Радинци забележен је најмањи, а у Мошорину највећи број штитова по биљци (табела 1). Примена различитих врста ђубрива није значајно утицала на овај параметар, иако су у просеку за обе године истраживања биљке ђубрене са NPK ђубривом формирале највећи број штитова (16,04).

Истраживања других аутора показују да се број штитова код двогодишњег кима кретао од 15,0 до 20,1 у зависности од развијености биљака, односно од 7,0 до 51,8 у зависности од популације и локалитета гајења [88; 91].

Број штитова које једна биљка образује знатно зависи и од агротехничких мера, нарочито од ђубрења и густине усева. Истраживања изведена у Мађарској показују да се број штитова по биљци код једногодишњег кима „SZK-1“ креће од 5,6 до 50,1, и при томе је установљено да се смањењем броја биљака по јединици површине повећава број штитова по биљци, док ефекат примене ђубрива умногоме зависи од услова године [121]. У Египту је установљено да се број штитова по биљци повећава са повећањем примењене количине азотног и калијумовог ђубрива [36].

Пречник штита у нашем истраживању се кретао од 5,92 до 8,77 cm, и на њега су значајно утицали услови године, локалитет и примењено ђубриво.

У 2011. години остварен је знатно већи пречник штита (7,28 cm) у поређењу са 2012. годином (6,61 cm). На локалитету Мошорин образовани штитови у пречнику су имали просечно 7,89 cm, што је било статистички значајно више у поређењу са остала два локалитета. Приликом примене глистењака и микробиолошког ђубрива *VactoFil B-10* биљке су формирале највише штитова.

Табела 1. Приказ висине биљака кима, броја штитова по биљци, пречника штитова и броја плодова у штитовима у двогодишњем истраживању у Војводини

	Висина биљака (cm)	Број штитова по биљци	Пречник штита (cm)	Број плодова у штиту	Маса 1000 плодова (g)
Година (A)	2011	17,85	7,28	72,37	3,29
	2012	12,96	6,61	42,99	1,64
Локалитет (B)	Мошорин	19,15	7,89	64,94	2,33
	В.Радинци	11,77	6,43	52,52	2,27
	Остојићево	15,29	6,52	55,58	2,78
Примењено ђубриво (C)	Контрола	15,25	6,58	54,33	2,36
	Славол	15,04	6,76	57,21	2,49
	<i>VactoFil B-10</i>	15,71	7,29	58,12	2,61
	<i>Royal Ofert</i>	15,21	7,10	58,59	2,46
	Глистењак	15,17	7,34	58,59	2,38
	NPК	16,04	6,61	59,25	2,47
Значајност F-теста за сваки извор варијације					
A	1,01	1,54	0,34	4,19	0,07
B	1,24	1,89	0,41	5,13	0,08
C	1,75	нз	0,58	нз	0,12
AB	2,47	нз	нз	10,26	0,17
AC	нз	нз	нз	нз	0,12
BC	нз	нз	нз	нз	нз
ABC	нз	нз	нз	нз	0,29
нз – није значајно					

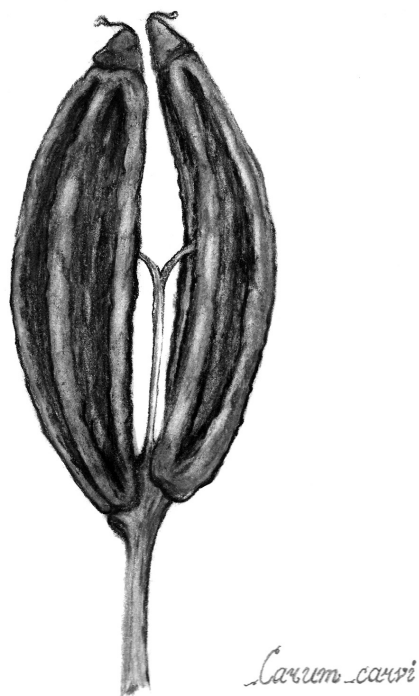
На образовање броја плодова у штиту знатно утичу климатски услови године и локалитет као и њихова интеракција (табела 1). У повољним условима године (2011) биљке су образовале у просеку 72,37 плодова у штиту,

док се у неповољним условима тај број смањује за око 40%. На локалитету Мошорин забележен је знатно већи број плодова у штиту у поређењу са Великим Радинцима и Остојићевом, што би се могло довести у везу са количином фосфора у земљишту од чак 81,6 mg P₂O₅/100 g земљишта, а познато је да фосфор има значајну улогу у формирању плодова.

Иако примена ђубрива није статистички значајно утицала на број плодова у штиту, може се констатовати да је у просеку двогодишњих огледа на сва три локалитета највећи број плодова образован при примени NPK ђубрива (59,25), а потом глистењака и микробиолошког ђубрива *VactoFil B-10* (58, 59).

3.2. Морфолошки опис плода

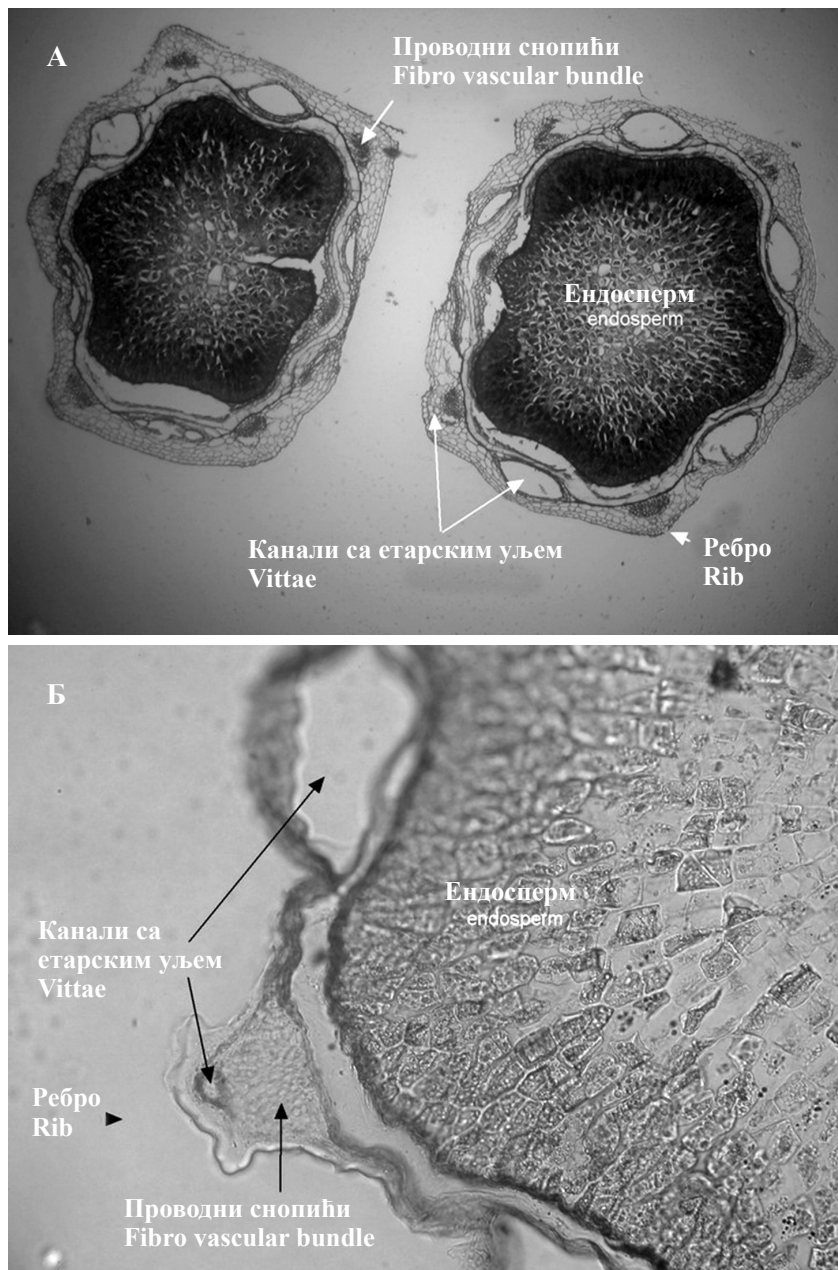
Плод кима (*Carvi fructus*) јесте шизокарп, и истовремено је и семе (репродуктивни биљни орган) и дрога (лековита сировина). Плод је сиво мрке боје, дужине 3–7 mm и ширине 1–1,25 mm, српасто савијен (слика 2). Обично, шизокарп се распада спонтано на два мерикарпа. Сваки мерикарп има девет лонгитудиналних (уздужних) ребара, између којих се налазе канали испуњени етарским уљем.



Слика 2. Плод кима (*Carvi fructus*) [1]

Маса 1000 плодова у нашим истраживањима је варирала од 1,26 до 3,91 g. На масу плодова су значајно утицали временски услови, локалитет и примењено ђубриво. У сушној години (2012) маса 1000 плодова била

је за 50% нижа. Слично, у истраживању у Мађарској маса 1000 плодова једногодишњег кима у изузетно сушној години је износила 1,9–2,6 g, док је у нормалним условима била 2,15–4,31 g [121]. У другом истраживању, изведеном у Тунису, маса 1000 плодова се кретала од 2,36 до 3,05 g, при чему је значајно смањење забележено у условима суше [70].



Слика 3. Микроскопски препарати: А) Попречни пресек плода кима [115], Б) Детаљ са попречног пресека плода кима [115]

У огледима које смо ми извели, на локалитету Остојићево, забележена је највећа маса 1000 плодова, која је била статистички значајно већа у односу на локалитете Велики Радинци и Мошорин. Применом микробиолошког ђубрива *BactoFil B-10* остварена је највећа маса плодова (2,61 g), што је статистички значајна разлика. Значајно повећање масе 1000 плодова јавља се и при примени осталих врста ђубрива у поређењу са контролом (табела 1).

Истраживања показују да маса 1000 плодова варира у зависности од генотипа, култивара, еколошких услова и типа земљишта [17; 108; 120].

На слици 3 приказани су микроскопски препарати попречног пресека плода кима (*Carvi fructus*). Плод кима на попречном пресеку има облик правилног петоугла на којем се виде четири уска истакнута жутосмеђа канала на леђној, и два на трбушној страни, која су испуњена етарским уљем, што се види под лупом.

Пудер плода кима (*Carvi pulvis*) јесте жутосмеђ. Дијагностичке особине прашка су: делови канала изграђени од жућкастих до мрких, полигоналних секреторних ћелија танких зидова, окружени слојем попречно издужених ћелија танких зидова, ширине 8–12 mm. Такође су видљиви и делови епикарпа, који су састављени од ћелија дебелих зидова и са ретким аномоцитним стомама, као и делови ендосперма који садрже алеуронска зрна, капљице масног уља и микрокристале калцијум-оксалата у облику друза. Присутне су и спирално задебљане трахеје, удружене са склеренхимским влакнима, као и ретки снопови влакана која потичу од карпофора и групе правоугаоних до скоро правоугаоних склереида из мезокарпа, умерено задебљаних и јамичавих зидова [41].

4.

Хемијски састав плода кима

Као дрога у фармацеутској индустрији, али и као зачин у прехранбеној индустрији, од кима се користи искључиво плод (*Carvi fructus*). Плод кима садржи 3–7% етарског уља, 10–18% липида, око 20% протеина, око 15% угљених хидрата, фенолне киселине, флавоноиде [40].

4.1. Садржај етарског уља у плоду кима

Етарско уље плода кима (*Carvi aethroleum*) добија се дестилацијом воденом паром. То је бистра, лакопокретљива безбојна течност, релативне густине 0,904–0,920 g/cm³, нагорког и оштрог укуса, карактеристичног ароматичног мириса. Етарско уље је локализовано у плодовима, у шизогеним каналима којих има шест (четири су на леђној страни у браздама између ребара, а два на трбушној страни).

У огледима са једногодишњим кимом, који је гајен током две године на три локалитета у Војводини, просечан садржај етарског уља је био 3,95%, и при томе је у сушнијој и топлијој години забележен већи садржај (4,12%) у поређењу са 2011. годином (3,78%) [8]. Може се рећи да је на локалитету Остојићево у просеку за обе године испитивања забележен највећи удео етарског уља (4,38%), а на локалитету Велики Радинци најмањи (3,60%) (табела 2).

Табела 2. Садржај етарског уља (%) у плодовима кима гајеног на три локалитета у Војводини током две године истраживања

	Мошорин	Велики Радинци	Остојићево	Просек
2011	3,18	3,50	4,66	3,78
2012	4,56	3,69	4,10	4,12
Просек	3,87	3,60	4,38	3,95

Садржај етарског уља у плодовима кима зависи од варијетета, агроеколошких услова и агротехничких мера [24]. Проучавањем једногодишњих и двогодишњих варијетета кима установљено је да једногодишњи ким има готово дупло мање етарског уља од двогодишњег [25].

Количина етарског уља код једногодишњег кима је 2,8–3,3%, а код двогодишњег 3,9–5,0% [30].

Поред варијетета и географски положај региона има знатан утицај на садржај етарског уља. Тако, у плодовима кима пореклом из Бангладеша удео етарског уља је 0,80%, Туниса 0,86–1,20%, Египта 1,73–2,16%, Аустрије 2,8–3,3% [17; 19; 36; 70]. У Литванији је проучавањем различитих популација кима гајених на различитим локалитетима утврђено велико варирање у количини етарског уља, које се креће у распону од 2,6 до 8,4% [91].

У истраживањима у Србији установљено је да се садржај етарског уља у плодовима једногодишњег кима креће од 2,62 до 4,51%, у зависности од надморске висине. У овом истраживању се указује на чињеницу да се самоникли ким углавном јавља у брдско-планинским подручјима, те у тим агроеколошким условима (Власина, 1200 m надморске висине) плод даје знатно већу количину етарског уља у односу на исти добијен у равничарском подручју (Панчево, 70 m надморске висине), и то за 72,10% [92].

4.2. Хемијски састав етарског уља кима

Етарско уље плодова кима садржи око 30 компоненти [44; 107]. Према Европској фармакопеји, етарско уље плодова кима треба да садржи 50–65% карвона, 30–45% лимонена, највише 2,5% *транс*-дихидрокарвона и *транс*-карвеола и 0,1–1% β -мирцена [41].

У истраживањима која смо урадили, у етарском уљу кима је идентификовано 16 компоненти у 2011. и 15 компоненти у 2012. години, што је приказано у табели 3. Карактеристични хроматограм етарског уља кима је дат на слици 4, а структурне формуле најзначајнијих компоненти на слици 5.

Етарско уље плова кима чине монотерпени, који су у ствари деривати изопрена који садрже две C_5 јединице, са различитим функционалним групама и сесквитерпени са три изопренске јединице. Монотерпени су били најзаступљенија класа једињења у нашим узорцима (преко 98%), док су сесквитерпени били присутни у малим количинама (испод 1%).

Монотерпенски угљоводоник лимонен је био најзаступљенија компонента у етарском уљу кима у нашим узорцима, у просеку за обе године и сва три локалитета са 61,46%. Лимонен даје етарском уљу слатку, цитрусну арому налик на поморанцину кору. Остали монотерпенски угљоводоници (α -пинен, сабинен, мирцен, *p*-цимен и γ -терпинен) били су присутни у малим количинама.

Монотерпенски алкохол *транс*-карвеол, који је интермедијер синтезе карвона из лимонена, био је заступљен у просеку са 0,20% у 2011. и 0,29% у 2012. години.

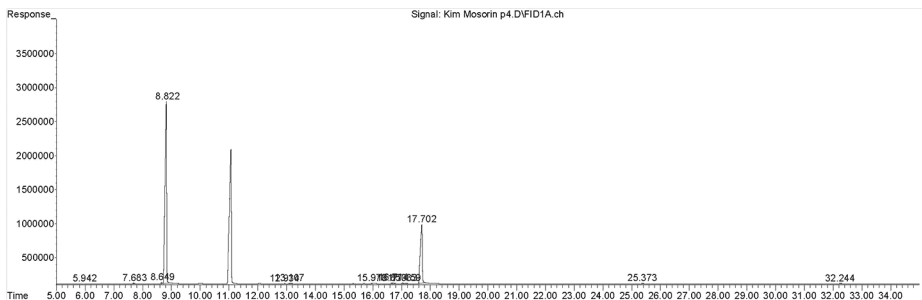
Оксидовани монотерпени *цис* и *транс*-лимонен оксид били су заступљенији у 2011. години, у просеку за сва три локалитета 0,18% и 0,17% у поређењу са 2012. када је *цис*-лимонен оксид био присутан у траговима, а *транс*-лимонен оксид са 0,14%.

Монотерпенски кетон карвон је друга компонента по заступљености у етарском уљу кима. Његов просечан садржај у нашим узорцима је био 36,73%. Карвон даје специфичан мирис и укус киму, оштар и освежавајући. Од осталих монотерпенских кетона забележени су и *транс*-дихидрокарвон (са 0,21% односно 0,17%) и *нео*, *изо* дихидрокарвеол, који је био присутан само у другој години истраживања (са 0,24%).

Табела 3. Компоненте старског уља плода кима и њихов удео у старском уљу

Компонента	Р.Т	Р.И.	2011				2012			
			М	Р	О	Х	М	Р	О	Х
Монотерпенски угљоводоници										
<i>α</i> -пинен	5.838	933	0,00	траг	0,11	траг	траг	траг	траг	траг
сабинен	6.914	976	0,00	траг	траг	траг	0,00	0,00	0,00	0,00
мирцен	7.400	994	0,29	0,32	0,33	0,31	0,13	0,16	0,15	0,15
<i>p</i> -цимен	8.553	1029	0,00	0,10	траг	траг	0,26	0,12	0,21	0,21
лимонен	8.732	1038	57,05	56,19	54,04	55,76	70,04	70,30	61,15	67,16
<i>γ</i> -терпинен	9.797	1061	0,00	0,18	0,15	0,11	траг	траг	траг	траг
Монотерпенски алкохоли										
<i>транс</i> -карвеол	16.472	1222	0,29	0,15	0,15	0,20	0,31	0,34	0,23	0,29
Оксидовани монотерпени										
<i>цис</i> -лимонен оксид	12.805	1133	0,28	0,14	0,11	0,18	траг	траг	0,00	траг
<i>транс</i> -лимонен оксид	12.960	1140	0,26	0,14	0,12	0,17	0,21	0,22	0,00	0,14
Монотерпенски кетони										
<i>транс</i> -дихидрокарвон	15.856	1206	0,15	0,32	0,16	0,21	0,19	0,22	0,11	0,17
<i>нео,изо</i> дихидрокарвон	16.886	1228	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,30	0,17	0,24
карвон	17.644	1251	41,53	41,56	44,51	42,53	27,84	27,39	37,57	30,93
Монотерпенски алдехиди										
перил алдехид	18.979	1284	траг	траг	0,11	траг	0,00	0,00	0,00	0,00
Сесквитерпени										
<i>β</i> -елемен	24.243	1396	0,00	траг	траг	траг	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>транс-β</i> -кариофилен	25.379	1419	траг	0,24	0,13	0,15	0,20	0,19	0,29	0,23
<i>транс</i> -мурола-4(14),5-диен	28.043	1485	0,00	0,24	траг	траг	0,00	0,00	0,00	0,00
кариофилен оксид	31.172	1575	0,00	траг	траг	траг	0,10	0,22	0,19	0,17
Неидентификоване компоненте										
НИ	16.664	1225	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	0,16	0,00	0,12
НИ	17.160	1243	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,19	траг	0,18

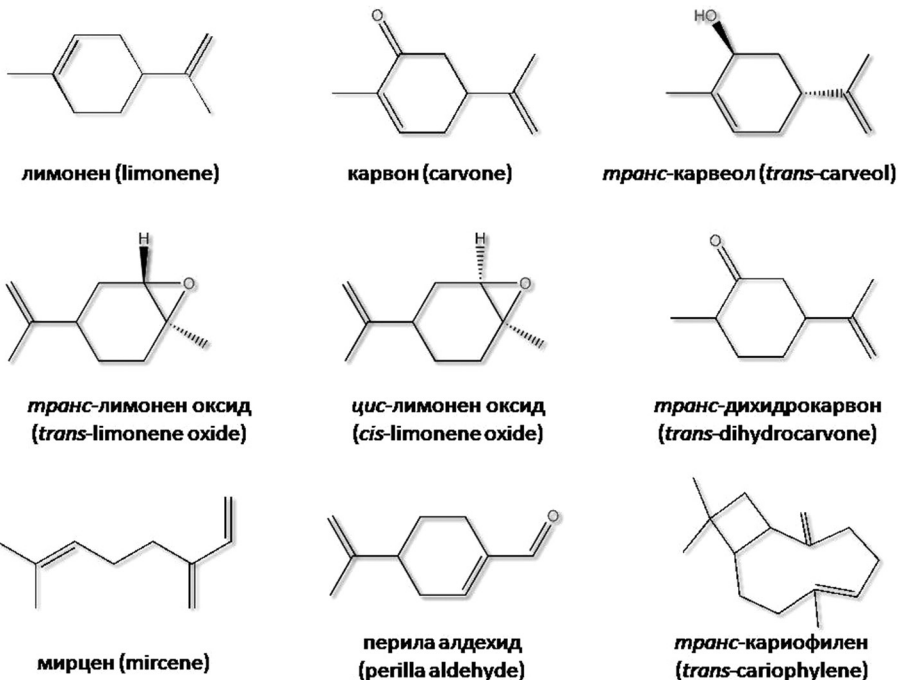
Р.Т.–ретенционо време, Р.И.–ретенциони индекс, М–Мошорин, Р–Велики Радинци, О–Остојићево, Х–просек, НИ–није идентификовано, траг–компонента присутна са мање од 0,1%



Слика 4. Карактеристични хроматограм етарског уља плода кима

Монотерпенски алехид, перил алдехид, детектован је само у првој години истраживања, и то у траговима.

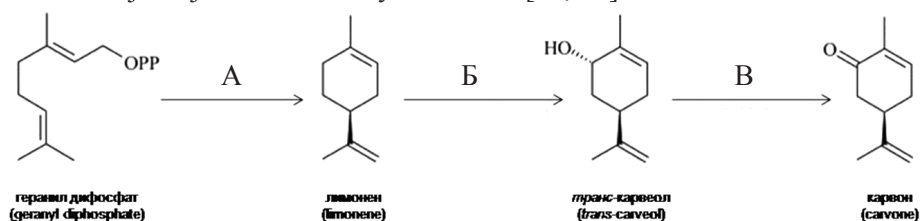
Од сесквитерпена у етарском уљу плода кима забележени су β -елемен, *транс*- β -кариофилен, *транс*-мурола-4,(14),5-диен и кариофилен оксид, и то у малим количинама.



Слика 5. Структурне формуле назначајнијих компоненти етарског уља плода кима

Биосинтеза две најзаступљеније компоненте етарског уља кима, лимонена и карвона, одвија се у међусобно повезаном путу, од геранил дифосфата (GDP). Овај биолошки процес иде у неколико корака (слика 6). У првом кораку, геранил дифосфат се циклизује у лимонен уз помоћ ензима монотерпен синтетазе (А). Затим се овај интермедијер складишти у каналима са етарским уљем без даљег метаболизма или се конвертује уз помоћ ензима лимонен-6-хидроксилазе (Б) у *транс*-карвеол. Након тога, *транс*-карвеол

се оксидује уз помоћ ензима карвон дехидрогеназе (В) у карвон. Битно је нагласити да је биотрансформација лимонена у карвон могућа само од лимонена који није складиштен у каналима [25; 26].



Слика 6. Биосинтеза лимонена и карвона

Хемијски састав етарског уља кима доста варира у зависности од популације, географског порекла и еколошких услова, као и од примењеног ђубрива [9; 19; 44]. У плодовима кима из Холандије садржај карвона се кретао од 53,94 до 59,34%, а лимонена од 39,65 до 45,23%, док је у етарском уљу кима из Туниса установљено 76,8–80,5% карвона и 13,0–20,3% лимонена [25; 70]. У етарском уљу плодова кима пореклом из Кине карвон и лимонен су заступљени у знатно мањем проценту (са 37,98% и са 26,55%), а затим следе α -пинен (5,21%), *цис*-карвеол (5,01%) и β -мирцен (4,67%) [44].

Главни састојци етарског уља кима пореклом из Италије су карвон (23,3%), лимонен (18,2%), гермакрен (16,2%) и *транс*-дихидрокарвон (14,0%) [52]. Анализом етарског уља плодова кима пореклом из Алжира утврђено је да су карвон и лимонен заступљени у релативно малој количини (карвон са око 10,3–11,0%, а лимонен са 11,4–12,3%), док је истраживањем четири варијетета једногодишњег кима гајених у Аустрији установљено да је лимонен заступљен са 13,37–22,93%, а карвон са 10,45–19,91% [17; 29].

Међутим, постоје и етарска уља кима у којима нису детектоване ове две компоненте. Пример је ким гајен у Ирану, који садржи γ -терпинен (24,40%), 2-метил-3-фенилпропанол (13,20%) и 2,4(10)-тујадиен (14,02%) као главне компоненте [55]. Знатно другачији хемијски састав етарског уља кима наводе и други аутори, при чему су два главна састојка куминалдехид (22,08%) и γ -терпинен (17,86%), а затим следи *p*-цимен (7,99%) [93]. У етарском уљу кима из Бангладеша доминирали су тимол (48,20%), *o*-оцимен (19,29%), γ -терпинен (17,61%) и триметилен дихлорид (8,81%) [19].

Табела 4. Корелациона анализа компонената етарског уља плода кима

	мирцен	лимонен	<i>цис</i> -лимонен оксид	<i>транс</i> -лимонен оксид	<i>транс</i> -дихидро карвон	<i>транс</i> -карвеол	карвон	перил алдехид
лимонен	-0,10							
<i>цис</i> -лимонен оксид	0,35	-0,20						
<i>транс</i> -лимонен оксид	0,23	0,20	0,83*					
<i>транс</i> -дихидро карвон	0,43	0,10	-0,14	-0,11				
<i>транс</i> -карвеол	0,04	0,42	0,45*	0,70*	-0,24			
карвон	0,05	-1,00*	0,20	-0,19	-0,18	-0,41		
перила алдехид	0,43	-0,49*	0,41	0,08	0,25	-0,21	0,45*	
<i>транс</i> -карнофилен	0,19	0,33	-0,56*	-0,48*	0,77*	-0,37	-0,39	-0,14

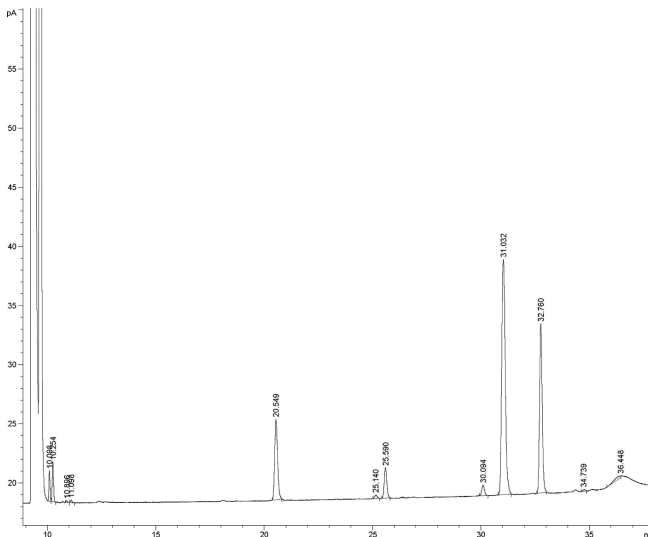
*корелације су значајне на нивоу $p < 0,05\%$

Међусобном корелацијом компоненти етарског уља из нашег истраживања (табела 4) може се видети да су лимонен и карвон у статистички значајној корелацији ($r = -1$). Лимонен, као најзаступљенија компонента, такође је у значајној негативној корелацији са перил алдехидом ($r = -0,49$), док је карвон са овим једињењем у значајној позитивној корелацији ($r = 0,45$). Лимонен оксиди (*цис* и *транс*) јесу у међусобној статистички значајној позитивној корелацији ($r = 0,83$), као и са *транс*-карвеолом, док су са *транс*-кариофиленом у негативној корелацији. *Транс*-кариофилен је у статистички значајној позитивној корелацији са *транс*-дихидрокарвонном.

4.3. Масно уље плода кима

Плод кима садржи око 10–18% масног уља (*Oleum carvi*), које се углавном састоји од петроселинске (30–43%), линолне (34–37%), олеинске (15–25%) и палмитинске (4–5%) масне киселине [40].

Експериментима са једногодишњим кимом, гајеним на локалитету Мошорин током 2014. године, у плодовима је утврђено 6,94% масног уља. Смеша петроселинске и олеинске киселине (C18:1) чинила је 57,78%, потом је следила линолна (C18:2) са 32,26%, палмитинска (C16:0) са 5,47%, бутерна (C4:0) са 2,12% и стеаринска (C18:0) масна киселина са 2,08%. Карактеристични хроматограм масног уља плода кима приказан је на слици 7. Како се може видети из ове анализе, масно уље кима највећим делом чине мононезасићене киселине (58,07%), затим полинезасићене (32,26%), док су засићене масне киселине присутне са 9,67%. Истраживања у Тунису указују да плодови кима садрже 2,95–5,68% масног уља са 31,53–38,36% петроселинске киселине, при томе је установљено да суша редукује садржај масног уља у плодовима кима, као и удео петроселинске киселине. На садржај масног уља у плодовима поред услова средине, значајан утицај имају и генетски фактори као што су варијетет и сорта, али и географско порекло [69; 70; 71].



Слика 7. Карактеристични хроматограм масног уља плода кима

5.

Употреба кима

Ким је углавном домаћи и народни лек, а нарочито зачин. Најчешће се користи за лечење проблема са варењем, али је установљено и да ефикасно снижава холестерол, да има добра антиоксидативна и антимикробна својства. У прехранбеној индустрији ким се користи за израду алкохолних пића, кобасичарских производа, сирева, туршија [6]. Поред тога, ким налази примену и у ветерини и сточарству, као и у органској пољопривредној производњи [7].

5.1. Фармаколошка употреба кима

Ким се од давнина користи за лечење органа за варење како код одраслих тако и код деце. Углавном се употребљава за побољшање апетита, за отклањање болова у стомаку, против лошег варења, надимања и ветрова, као и лењих црева.

Немачка комисија Е (*Kommission E*), која објављује монографије у којима се налазе значајне информације, хемијске, фармаколошке, клиничке и токсиколошке студије, прикази случајева, епидемиолошки подаци произвођача биљних медикамената, одобрила је примену плода кима и његовог етарског уља за лечење диспептичних тегоба, као што су грчеви у гастроинтестиналном тракту и надутост. Препоручена дневна доза плода кима је 1,5–6 g или еквивалентна доза препарата, односно 3–6 капи (0,15–0,3 ml) етарског уља. Прашак плода кима (*Carvi pulvis*) користи се за справљање инфуза и других галенских препарата, а етарско уље за припрему галенских препарата или оралну примену [22].

Систем органа за варење

Најпознатији чај против надимања и ветрова (карминатив) јесте кимов чај, који се препоручује чак и новорођенчадима (такозвана кимова водича). Ким се користи и у чајним мешавинама против гасова и надимања у стомаку и за побољшање варења, али се у ту сврху користи и вино са додатком кима.

Истраживањима је установљено да се ким са успехом може користити за успостављање нормалног мотилитета црева код жена након царског реза, код којих је интестинална опструкција највећи проблем [127]. Ким се може користити и као помоћна супстанца за лечење хроничне опстипације [123].

Поред тога, водено-алкохолни екстракт или етарско уље кима ефикасно лечи упалну болест црева на тај начин што редукује улцерозна оштећења и делује антиинфламаторно [60].

In vitro студија је показала да етарско уље кима испољава велики степен селективности, при чему инхибира раст потенцијалних патогена у концентрацијама које немају негативан ефекат на корисне чланове микрофлоре гастроинтестиналног тракта, те се стога може користити за лечење дисбиозе црева (промене нормалне равнотеже цревне флоре) [49]. Такође је установљено да етанолни екстракт плода кима делује бактериостатски и на *Helicobacter pylori*, која се доводи у везу са настанком гастритиса [99]. Ким отклања и гастроинтестиналне сметње које се јављају као последица диспепсије (лошег варења) и горушице, јер је установљено да смањује ацидитет гастричног сока [12; 63].

Чај од кима: једну кашичицу плода кима здробити у авану, прелити са 0,2 l прокуване воде, поклопити и оставити да стоји два сата, пити после јела. Препоручују се две до три шоље чаја дневно [122].

Кимова водица: два плода кима кратко прокувати у 0,1 l воде, оставити да се охлади, и након тога давати беби да пије уместо воде.

Чајна мешевина против гасова и надимања у стомаку: направити смешу од по 25 g плодова кима, аниса, коморача и коријандра, истуцати у авану, и од тога узети једну супену кашику и кувати у 0,2 l воде 2–3 минута. Кад се охлади процедити и пити два до три пута у току дана [119].

Чајна мешавина за побољшање варења: направити смешу од по 20 g плодова кима, аниса, морача и матичњака и по 10 g нане и мајкине душице. Од тога узети три супене кашике, истуцати у авану и попарити са 0,5 l кључале воде, поклопити и после два сата процедити и пити после јела [119].

Кимово вино (за отклањање надимања у стомаку): 30 g у авану уситњених плодова кима прелити са 1 l белог вина и након пет дана садржај процедити. Пити по једну чашицу вина пре сваког оброка [116].

Ликер од кима (за отклањање осећаја тегобе у желуцу и стомаку): у флашу сипати 0,5 l комовете ракије и додати две кашике плодова кима, здробљених у авану. Флашу затворити и оставити да стоји на хладном месту осам дана, а потом процедити и додати хладан шећерни сируп, који се припрема од 300 g шећера и 0,2 l воде. Након два дана ликер се може користити. Препоручује се по једна чашица пре јела [64].

Iberogast® (STW 5) јесте комерцијални биљни препарат који садржи девет лековитих биљака, међу којима и ким (*Iberis amara totalis*, *Menthae piperitae folium*, *Matricariae flos*, *Liquiritiae radix*, *Angelicae radix*, *Carvi fructus*, *Silybi mariani fructus*, *Melissae folium* и *Chelidonii herba*), а његова ефикасност је потврђена бројним студијама [12;13; 50; 59; 105].

Хиперлипидемија и хипергликемија

Хиперлипидемија (повишене масноће у крви) јесте најчешћи фактор ризика за настанак атеросклерозе и других клиничких манифестација ове болести, као што су коронарна болест срца и периферна васкуларна болест срца. Применом воденог екстракта плода кима установљена је значајна

инхибиција повећања укупног холестерола и нивоа триглицерида [47; 72; 101]. Ким може да се користи и као помоћна супстанца за лечење хипергликемије (повишен ниво шећера у крви) [35; 85].

Нервни систем

Водени екстракт плодова кима испољава антистрес активност. Експериментима на животињама је доказано да ова биљка има адаптогену, антиоксидативну и ноотропну активност [66].

Чајна мешавина за смиривање нервозе, срчаних сметњи и поремећеног крвног притиска: направити мешавину од по 10 g плодова кима и морача, корена одољена, цвета глога и лаванде, хербе срдачице и листа матичњака. Три супене кашике ове мешавине прелити са 0,5 l кључале воде и оставити да стоји два сата, након чега се процеди и пије три пута дневно [119].

Систем органа за излучивање

Водени екстракт кима значајно повећава диурезу, а количина излученог урина након примене 100 mg/kg воденог екстракта плода кима идентична је као након примене фуросемида (диуретик који се примењује у клиничкој пракси) [68].

Поред тога, примена воденог екстракта плода кима смањује ниво глукозе у крви, урее, креатинина, укупних протеина и микроалбумина у урину. Ким има јаку антиоксидативну активност која обезбеђује заштиту бубрега од компликација дијабетеса [100]. Такође је установљено и да етарско уље штити бубреге од оштећења, која настају као последица дијабетичке нефропатије [38].

Чајна мешавина за излучивање мокраће I: направити мешавину од по 20 g плодова кима, коморача, мркве, першуна и целера. Три кафене кашичице ове смеше истуцати у авану, прелити са 0,5 l кључале воде, поклопити и после три сата процедити. Пити три пута дневно пре јела [119].

Чајна мешавина за излучивање мокраће II: направити мешавину од по 20 g плодова кима, семена лубенице, кукурузне свиле, корена репушине и листовна нане. Три кафене кашичице ове смеше истуцати у авану, прелити са 0,5 l кључале воде, поклопити и после три сата процедити. Пити три пута дневно пре јела [119].

Антимикробна и антиоксидативна активност

Алкохолни и водени екстракт плодова кима испољавају јаку антибактеријску и антифунгалну активност [52; 112; 114]. На основу ових истраживања констатовано је да плод кима има значајне могућности за развој биљних антимикробних формулација [46].

Ким има добар антиоксидативни потенцијал [31; 102]. Сматра се да су фенолне компоненте присутне у киму одговорне за његову антиоксидативну активност [18].

5.2. Употреба кима у органској пољопривреди

Ким је веома значајна биљка у органској пољопривреди. Има инсектицидно дејство, што се може користити за сузбијање складишних штеточина, антифунгално дејство на неке од веома значајних фитопатогених гљива у повртарству, а делује и као инхибитор клијања кромпира. Ким се такође може користити и у ветерини и сточарству.

Инсектицидно дејство

Ким поседује инсектицидну активност против складишних штеточина *Sitophilus zeamais*, *S. oryzae* и *Tribolium castaneum* [23; 44]. Такође, етарско уље кима ефикасно сузбија белу лептирасту ваш, *Ritortus clavatus* и бубашвабе [14; 125; 126]. Познати су и инсектициди и репеленти на бази карвона против воћне мушице и комараца [27].

Антифунгално дејство

Истраживањима у Финској је установљено да пламењача кромпира (*Phytophthora infestans*) може ефикасно да се сузбија етарским уљем кима, док су истраживања у Египту показала да се склероцијска трулеж грашка (*Sclerotium rolfsii*) може успешно сузбити третирањем семена пре сетве екстрактом кима [37; 61].

Инхибиција клијања кромпира

Утврђено је да карвон инхибира клијање кромпира [90; 103]. Имајући у виду да није токсичан за људе и да не загађује животну средину, ким се као природни извор карвона нашироко користи у органској пракси, чак је у Холандији комерцијализован препарат на бази карвона под нативом „Tent“ [27].

Употреба у ветерини и сточарству

Код свиња и говеда, као и код људи, ким смањује надувеност, умирује грчеве, побољшава апетит. Експериментима је утврђено да додавање кима у храну повећава апетит и конзумацију код одлучене прасади (прасићи који су престали да сисају) [106]. Исто тако, ким као суплемент храни за бикове побољшава сварљивост хранљивих материја, перформансе раста, ферментацију у бурагу и метаболички статус [48]. Уљане погаче које остају након дестилације етарског уља могу се користити као храна за преживаре, посебно за краве музаре, јер повећавају млечност крива.

У исхрани живине употреба 2% пудера плода кима доводи до смањења конверзије хране, уз повећање телесне тежине, а при томе редукује абдоминалне масти. Процент меса у батаку и прсима се повећава при примени кима у исхрани бројлерских пилића. Титар антитела на вирус New Castle болести је значајно виши када се бројлери хране храном са високим садржајем кима [53; 62].

Истраживања са нилском тилапијом (*Oreochromis niloticus*) показала су да исхрана са додатком плодова кима доводи до повећања раста риба и боље искористљивости хране [11].

Етарско уље кима може да се користи за сузбијање америчке трулежи пчелињег легла коју изазива *Paenibacillus larvae* [67].

6. Фенолошке фазе и агроеколошки услови успевања кима

У овом поглављу описане су фенолошке фазе једногодишњег кима, као и његови захтеви према влажности, температури и светлости током вегетационог периода и током појединих фенолошких фаза. Такође, дат је и утицај временских прилика на поједине параметре, у првом реду жетвени индекс, који има велики значај за формирање приноса, али и квалитета плодова кима.

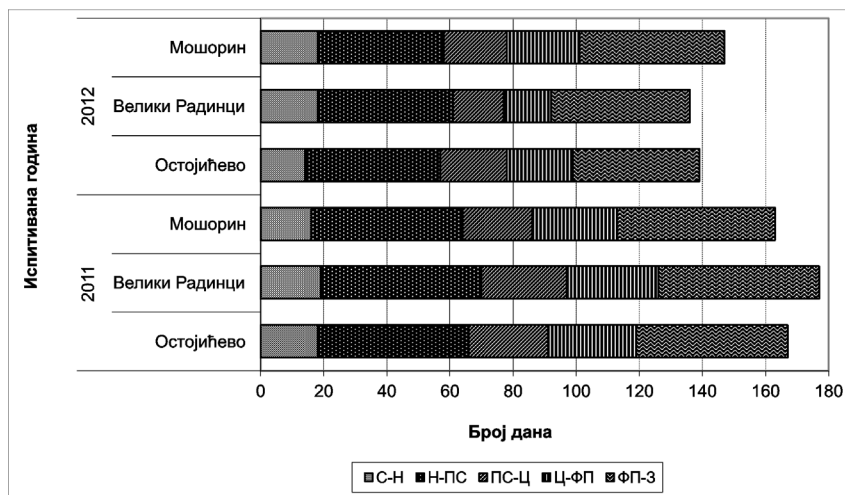
6.1. Фенолошке фазе кима

„На основу изведених експеримената са једногодишњим кимом, нису утврђене разлике у дужини вегетационог периода као ни у трајању појединачних фенолошких фаза у зависности од примењених ђубрива. Разлике су постојале на нивоу локалитета и испитиваних година“ [1, стр 55]. На слици 8 приказани су развојни стадијуми једногодишњег кима.



Слика 8. Раст и развој биљака једногодишњег кима [1]

Дужина вегетационог периода једногодишњег кима као и појединачних фенолошких фаза приказане су на графикону 1. Из овог графикона се може видети да је вегетациони период трајао од 136 до 177 дана и да је 2011. године трајао дуже (у просеку 169,0 дана) у односу на 2012. годину (140,7 дана).



Графикон 1. Трајање вегетационог периода једногодишњег кима и појединачних фенолошких фаза на три испитивана локалитета током две године (С – сетва, Н – ницање, ПС – пораст цветносног стабла, Ц – цветање, ФП – формирање и сазревање плодова, Ж – жетва).

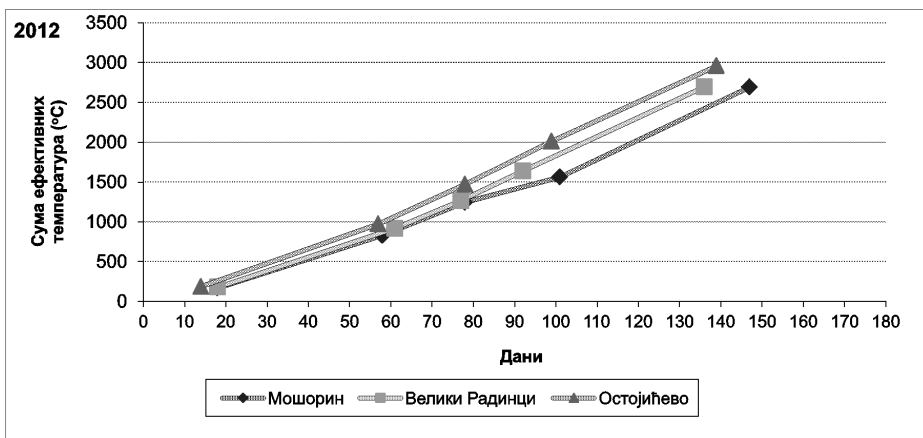
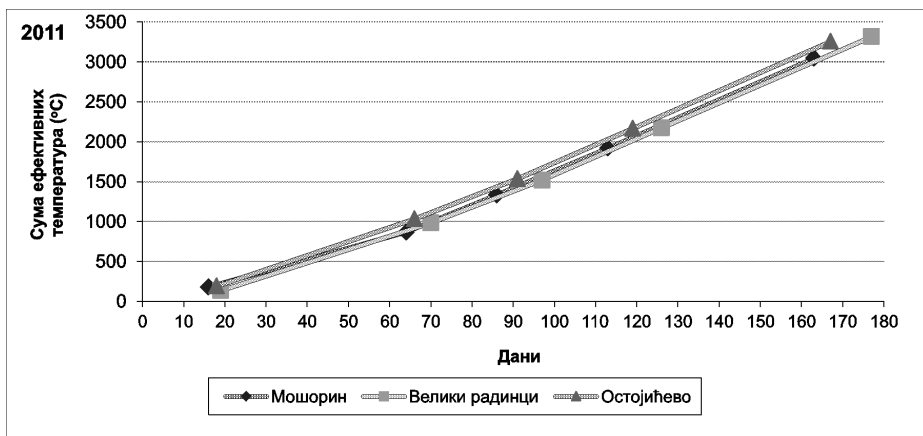
Период ницања трајао је од 14 до 19 дана, а најдужи период је био од ницања до пораста у стабло, односно формирање лисне розете (40–51 дан). Од пораста цветносног стабла до почетка цветања киму је требало 16–27 дана. Цветање је трајало 15–29 дана, а формирање и сазревање плодова 40–51 дан.

Треба истаћи да су све фенолошке фазе у току 2012. године трајале краће у просеку за 5,7 дана у поређењу са 2011. годином, што је на крају резултирало скраћењем вегетационог периода за 28,3 дана.

6.2. Утицај временских услова на фенолошке фазе кима

На графикону 2 приказана је сума ефективних температура у току развоја кима у обе године истраживања. Као што се може видети, у 2011. години, која је била повољнија за формирање приноса кима, просечна сума ефективних температура је била 3207 °C (3048–3317 °C). У току 2012. године сума ефективних температура је била за 13,2% мања, и у просеку је износила 2783 °C (2693–2960 °C).

У периоду од сетве до ницања сума ефективних температура је била 170 °C (у 2011), односно 179 °C (у 2012. години). Од периода формирања лисне розете па све до сазревања, у току 2012. године забележене су мање температурне суме у поређењу са 2011. годином. У периоду образовања лисне розете, у 2012. години забележено је за 63 °C мања сума ефективних температура у поређењу са претходном годином. У периоду цветања разлика је износила 83 °C, у периоду формирања плодова чак 212 °C, а у току сазревања 75 °C.



Графикон 2. Сума ефективних температура у току развоја једногодишњег кима на сва три локалитета у обе године истраживања

Међутим, требало би нагласити да су у току друге године истраживања средње дневне температуре биле више у просеку за 1,2 °C (табела 5). Више средње дневне температуре могле би бити узрок скраћења вегетационог периода кима у другој години истраживања.

Табела 5. Средње дневне температуре (°C) у току фенолошких фаза једногодишњег кима на три испитивана локалитета у Војводини током две године истраживања

	2011				2012			
	М	Р	О	Х	М	Р	О	Х
С-Н	13	12	13	12,7	12	11	13	12,0
Н-ПС	15	17	18	16,7	17	17	18	17,3
ПС-Ц	21	20	20	20,3	21	22	24	22,3
Ц-З	22	23	23	22,7	24	25	26	25,0
З-Ж	23	22	23	22,7	25	24	24	24,3
Х	18,8	18,8	19,4	19,0	19,8	19,8	21,0	20,2

М – Мошорин, Р – Велики Радинци, О – Остојићево, Х – просек, С – сетва, Н – ницање, ПС – пораст цветоносног стабла, Ц – цветање, З – зрење, Ж – жетва

Падавине током вегетационог периода кима приказане су у табели 6. У току 2011. године, у просеку је забележено за око 20% више падавина у поређењу са другом годином истраживања, и те падавине су имале повољнији распоред у току вегетационог периода, с тим што је у периоду од сетве до ницања забележена мања количина падавина, али је семе за процес клијања могло да користи резерве влаге из зимског периода, тако да овај дефицит није негативно утицао. Даље током вегетационог периода падавине су биле равномерно распоређене, и биле су довољне за формирање очекиваног приноса.

У току 2012. године, у периоду од сетве до ницања, пала је довољна количина кише (34–50 mm), што је омогућило равномерно и брзо ницање кима. Такође, и у периоду образовања лисне розете (од ницања до формирања цветносног стабла) количина падавина је била оптимална. Међутим, у периоду од пораста у стабло до почетка цветања бележи се значајан дефицит падавина. Наиме, на територији Новог Сада било је седам кишних дана са просечном количином падавина од 4,1 mm, Кикинде пет са 3,4 mm и Сремске Митровице четири кишна дана са просечно 4,5 mm падавина. Ове количине су биле недовољне и негативно су се одразиле на формирање приноса. Сушни период се наставио и током фенолошке фазе формирања плодова, што је негативно утицало на масу 1000 плодова и клијавост. У периоду сазревања плодова пало је просечно 47 mm кише, међутим, то није утицало на повећање приноса плода. Из овога се може закључити да суша у генеративним фазама развоја делује неповољно на формирање плодова.

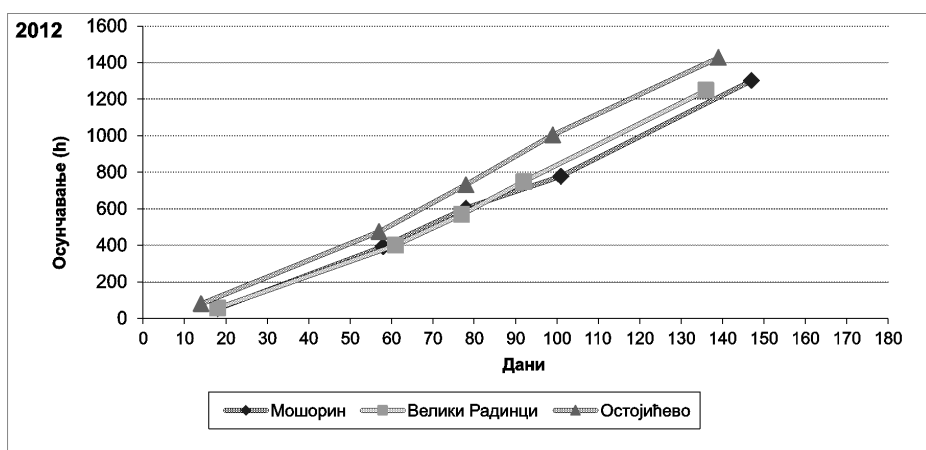
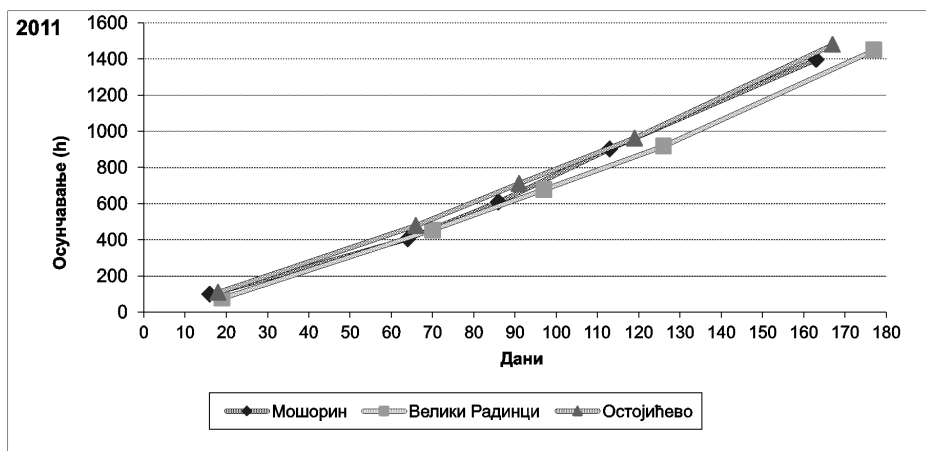
Табела 6. Количина падавина (mm) у току фенолошких фаза једногодишњег кима на три локалитета у Војводини током две године истраживања

	2011				2012			
	М	Р	О	Х	М	Р	О	Х
С-Н	7	15	5	9,0	34	50	48	44,0
Н-ПС	71	121	63	85,0	99	104	51	84,7
ПС-Ц	40	18	35	31,0	29	18	17	21,3
Ц-З	33	87	79	66,3	1	6	2	3,0
З-Ж	43	23	29	31,7	48	39	54	47,0
Х	194	264	211	223,0	211	217	172	200,0

М – Мошорин, Р – Велики Радинци, О – Остојићево, Х – просек, С – сетва, Н – ницање, ПС – пораст цветносног стабла, Ц – цветање, З – зрење, Ж – жетва

Утицај осунчавања на трајање вегетационог периода кима и појединих фенолошких фаза приказан је на графикону 3. Као што се може видети из приказаног графикона, у току вегетационог периода кима 2011. године просечно трајање осунчаности било је 1442 сата. У току 2012. године просечан број сунчаних сати је био мањи за 117 и износио је 1325 сати.

Једино је у периоду формирања лисне розете забележен већи број сунчаних сати у 2012. години у поређењу са 2011, док је у свим осталим фенолошким фазама осунчавање било мање у другој години извођења огледа.



Графикон 3. Осунчавање (h) у току фенолошких фаза једногодишњег кима на сва три испитивана локалитета током обе године истраживања

6.3. Утицај временских услова на квалитативне и квантитативне параметре

Временски услови утицали су на готово све испитиване параметре кима како морфолошке (висина биљака, пречник штита, број штитова по биљци, број плодова у штиту, маса 1000 плодова) тако и на параметре приноса (маса целе биљке, принос плодова по биљци, жетвени индекс), али и квалитативне особине плода (садржај етарског уља у плоду, удео компоненти у етарском уљу, клијавост семена). Морфолошки параметри су детаљно обрађени у поглављу 3, тако да ће овде бити речи о параметрима приноса и квалитета плода.

Принос плодова по биљци. На принос плодова по биљци значајно су утицали услови године и локалитет, док примењено ђубриво, као ни интеракције нису били значајни (табела 7). У повољнијој години принос плодова по биљци је био 4,25 g, док је у сушној 2012. био драстично мањи (само

0,96 g). На локалитету Велики Радинци остварен је најмањи, а у Мошорину највећи принос плодова по биљци.

Принос плодова по биљци значајно зависи од броја штитова по биљци, броја плодова у штиту и масе 1000 плодова. Како су сви наведени параметри били статистички значајно већи у првој години испитивања (2011), разумљиво је да је остварен и већи принос плодова по биљци у овој години.

У условима јаке суше у Мађарској принос по биљци је био веома мали, и кретао се у границама од 0,02 до 0,82 g, док је у умерено сушним условима био нешто већи – до 1,73 g [121]. У Тунису пак принос плода по биљци се кретао 0,70–1,33 g, док је у Литванији 1,1–2,9 g [70; 91].

Маса целе биљке. И на масу суве биљке значајно су утицали услови године и локалитет (табела 7). Као што се може видети, у повољнијој години у просеку огледа једна биљка је образовала масу од 10,02 g, док је у сушној години маса биљке била само 4,21 g, што је смањење за 58%. Постоје подаци да у зависности од интензитета суше принос биомасе може да се смањи од 20 до чак 40% [70]. Ови резултати потврђују да је недостатак воде ограничавајући фактор за раст кима.

Жетвени индекс. Жетвени индекс одражава расподелу продуката фотосинтезе између плода и вегетативног дела биљке. „На овај параметар у нашим огледима утицали су само услови године, док утицаји других испитиваних фактора нису били статистички значајни“ [1, стр 72]. Жетвени индекс је у просеку огледа у 2011. години износио 43,16%, док је у 2012. био веома мали (22,65%), што указује на то да је удео вегетативне масе био већи у односу на принос плодова, тј. да жетвени индекс значајно опада у условима суше.

Табела 7. Вредности масе плодова по биљци, масе целе биљке и жетвеног индекса једногодишњег кима у зависности од временских услова године, локалитета и примењеног ђубрива

		Маса плодова по биљци	Маса целе биљке	Жетвени индекс
Година (А)	2011	4,25	10,02	43,16
	2012	0,96	4,21	22,65
Локалитет (В)	Мошорин	3,27	9,21	32,50
	В.Радинци	1,79	4,78	31,99
	Остојићево	2,76	7,37	34,23
Примењено ђубриво (С)	Контрола	2,29	6,87	30,70
	Славол	2,61	7,09	33,04
	<i>VactoFil B-10</i>	2,85	7,22	34,89
	<i>Royal Ofert</i>	2,59	7,16	32,98
	Глистењак	2,47	7,07	31,47
	НРК	2,81	7,30	34,37
Значајност F–теста за сваки извор варијације				
	А	0,40	0,67	4,12
	В	0,50	0,82	нз
	С	нз	нз	нз
	АВ	нз	нз	нз
	АС	нз	нз	нз
	ВС	нз	нз	нз
	АВС	нз	нз	нз

нз – није значајно статистички

Садржај етарског уља у плоду. Садржај етарског уља у плоду осим у проценту може се исказати и у $\mu\text{g}/\text{плоду}$. Овај други начин приказа нарочито је значајан, јер уколико се садржај етарског уља исказује у %, он у ствари представља запремину етарског уља у одређеној маси узорка (v/w). Пошто су временски услови током године значајно утицали и на масу плодова, која је у условима суше била значајно мања, исказивање садржаја етарског уља у $\mu\text{g}/\text{плоду}$ представља комплетнији показатељ (табела 8).

Табела 8. Садржај етарског уља у плоду једногодишњег кима ($\mu\text{g}/\text{плоду}$) у зависности од временских услова године и локалитета

	Мошорин	Велики Радинци	Остојићево	Просек
2011	94,42	146,29	128,49	123,07
2012	77,16	51,71	74,45	67,78
Просек	85,79	99,00	101,47	95,42

На основу двогодишњих резултата добијених на три огледна поља, може се закључити да је у климатски повољнијој години (2011) плод кима акумулирао готово двоструко више етарског уља ($123,07 \mu\text{g}/\text{плоду}$) у поређењу са сушном 2012. годином ($67,78 \mu\text{g}/\text{плоду}$). Са друге стране, утицај локалитета је такође био изражен. У просеку за обе године, најмању количину етарског уља акумулирали су плодови биљака гајених у Мошорину ($85,79 \mu\text{g}/\text{плоду}$), док су биљке гајене у Великим Радинцима и Остојићеву имале приближно исте просечне вредности ($99,00$ и $101,47 \mu\text{g}/\text{плоду}$). Међутим, видљива је јака интеракција временских услова и локалитета.

Удео карвона и лимонена у етарском уљу. Удео карвона и лимонена у етарском уљу кима најбоље се види преко К/Л односа (табела 9). Сматра се да је квалитет етарског уља кима бољи што је однос К/Л виши. У нашим истраживањима К/Л однос је у просеку огледа износио $0,61$, на основу чега се може закључити да испитивана популација кима припада лимонен хемотипу. У Финској овај однос се креће $1,7\text{--}2,4$, у Америци $1,49$, у Чешкој $1,85\text{--}2,74$ [25; 58; 107].

Табела 9. К/Л однос етарског уља једногодишњег кима у зависности од временских услова године и локалитета

	Мошорин	Велики Радинци	Остојићево	Просек
2011	0,73	0,74	0,82	0,76
2012	0,40	0,61	0,39	0,47
Просек	0,57	0,68	0,61	0,62

Анализом испитиваних година може се установити да је у току 2011. године постигнут већи удео карвона у етарском уљу ($42,53\%$) у поређењу са 2012. годином ($30,93\%$). Из овога следи да је у току сушније и топлије године К/Л однос био мањи, односно да је квалитет етарског уља био лошији [4].

Постоје подаци да недостатак воде доводи до повећања садржаја лимонена и смањења карвона за $7\text{--}10\%$. Међутим, суша не утиче на хемотип кима. Повећање нивоа суше стимулише биосинтезу монотерпенских угљоводоника, док се монотерпенски кетони (карвон и *транс*-дихидрокарвон) смањују [71].

Промена у акумулацији карвона и лимонена може да се објасни променом нивоа активности биосинтетичких ензима, при чему је установљено да се карвон у већој количини акумулира при хладном и влажном времену [91]. Ово је видљиво и у нашим истраживањима. Наиме, у топлијој и сувљој 2012. години формирано је 28% мање карвона у односу на 2011. годину. Веома битан фактор који условљава садржај етарског уља је и интензитет светлости [109]. Сунчано време подстиче активност ензима лимонен-6-хидроксилазе, и као резултат јавља се повећање карвона у поређењу са лимоненом.

Клијавост семена. Клијавост семена кима одређена је у лабораторијским условима према правилима ISTA (International Seed Testing Association) у пластичним кутијама на филтер папиру, а читавање енергије клијања је рађено након седам, а укупне клијавости након 21 дан. Из табеле 10 се јасно може видети да је година имала статистички значајан утицај како на енергију клијања тако и на укупну клијавост. Енергија клијања је у 2011. години просечно износила 80,11%, док је у 2012. години била јако мала, око 22,76%. Укупна клијавост је у повољнијој години износила 85,72%, а у сушнијој и топлијој свега 27,97% [4].

Табела 10. Енергија клијања и укупна клијавост семена једногодишњег кима у зависности од временских услова године, локалитета и примењеног ђубрива

		Енергија клијања	Укупна клијавост
Година (А)	2011	80,11	85,72
	2012	22,76	27,97
Локалитет (В)	Мошорин	50,48	53,83
	В.Радинци	47,88	56,25
	Остојићево	55,96	60,46
Примењено ђубриво (С)	Контрола	51,58	60,29
	Славол	51,04	55,54
	<i>Vactofil B-10</i>	53,25	60,08
	<i>Royal Ofert</i>	51,79	56,88
	Глистењак	50,92	55,54
	НРК	50,04	52,75
Значајност F-теста за сваки извор варијације			
	А	1,36	1,39
	В	1,67	1,71
	С	2,36	2,41
	АВ	3,33	3,41
	АС	нз	2,41
	ВС	нз	4,18
	АВС	нз	нз

нз – није значајно статистички

У просеку, за обе године истраживања највеће вредности и енергије клијања и укупне клијавости су забележене на локалитету Остојићево (55,96% односно 60,46%). Што се тиче примене различитих врста ђубрива, у просеку обе испитиване године највећа вредност енергије клијања је добијена предсетвеном применом микробиолошког ђубрива *Vactofil B-10*, док је највећа укупна клијавост забележена на контроли (60,29%), а потом при примени *Vactofil B-10* (60,08%).

У истраживањима која смо извели у циљу оцене препарата на бази *Bacillus*-а (*Bacillus subtilis* FZB24 и RhizoVital 42 L) на енергију клијања кима установили смо да се енергија клијања повећала за 3% односно 8% при примени ових препарата у поређењу са контролом (73,8%), међутим, то није било статистички значајно. Укупна клијавост повећана за 1%, односно 5% у односу на контролу (77,2%), што такође није било статистички значајно [5].

7. Гајење кима

Ово поглавље има неколико целина које су значајне за гајење кима: (1) заснивање усева, где је обрађена проблематика избора земљишта и предусева, основне обраде и ђубрење, као и предсетвена припрема и сетва, (2) нега усева, која се значајно разликује код једногодишњег и дво-годишњег кима, са освртом на болести изазване фитопатогеним гљивама, бактеријама и вирусима, као и на инсекте штеточине, и (3) жетва, принос и калкулација производње, као и прерада плодова кима. На слици 9 приказани су детаљи из производње кима у пољским условима.

7.1. Заснивање усева

Земљиште. Ким се може гајити на различитим земљиштима, али му најбоље одговарају растресита, дубока, умерено влажна и плодна земљишта какве су глиновите пескуше, чернозем и структурне гајњаче. Не подноси земљишта на којима се задржава вода, као ни песковита и кисела земљишта [111].

Предусев. Као најбољи предусеви за ким се сматрају ђубрене окопавине, посебно коренасти усеви и поврће. Добри предусеви су и легуминозе, али и биљке заоране као зеленишно ђубриво. Ким се не сме сејати након биљака из исте фамилије, као ни на земљиште заражено вилином косицом. Такође, сматра се да стрна жита нису добри предусеви за ким, али да је ким добар предусев за њих јер рано напушта земљиште, па остаје довољно времена за предсетвену припрему и сетву озимих житарица. На исто место ким се може сејати након четири године.

Основна обрада. Основну обраду треба извршити рано у јесен, што дубље, у зависности од дубине ораничног слоја, најбоље на дубину од 25 до 30 cm. На дубљим земљиштима се препоручује употреба чизела. Поорано земљиште се оставља у отвореним браздама да презими, а у пролеће се површински обрађује.

Ђубрење. Ким захтева доста хранива, те је најбоље ђубрење извршити на основу хемијских анализа земљишта. Ким позитивно реагује како на примену минералних тако и на примену органских ђубрива [2; 3].

Предсетвена припрема. У пролеће предсетвена припрема требала би да се изврши што раније. Препоручује се дрљање (да би се разбиле грудве) и равнање лаким ваљком (како би се спречио губитак земљишне влаге капиларним путем и обезбедила прецизнија сетва).



Слика 9. Производња кима у пољским условима: А) Формирање редова кима, Б) Пораст цветоносног стабла, В) Цветање кима, Г) Формирање плодова у примарним штитовима, Д) Фаза зелених плодова, Ђ) Сазревање.

Семе и сетва. Ким се размножава директном сетвом на стално место. Сетву треба извести рано у пролеће, у марту месецу, у редове на растојању 30–40 cm, са 80–100 клијавих зрна по дужном метру, за шта је потребно око 10–12 kg/ha семена. Семе се сеје плитко (не дубље од 2 cm), готово на самој површини, те стога, да би се убрзало клијање семена и ницање биљака, после сетве површину њиве треба поваљати. У повољним условима семе проклија након 18 до 25 дана. Ово важи и за једногодишње и за двогодишње варијетете.

Постоје подаци и да се двогодишњи ким може сејати крајем лета (август – септембар), тако да до почетка зиме развије надземни део који презимљује, а следеће године плодноси. Јесењом сетвом избегава се заузимање земљишта током две године.

Интеркропинг. Ким може да се гаји тако што се усејава у неки заштитни усев, најчешће пивски јечам који се обично сеје нешто ређе, како не би угушио тек изникле биљке кима. Ким се у јечам усева попреко на правац редова. Тек након жетве јечма примењују се мере неге (прихрањивање и окопавање). Поред тога, ким може здружено да се гаји и са баштенским маком, грашком, чукуротом, уљаном репицом, коријандром, мирођијом, камилицом, ланом, шпанатом. За разлику од јечма, ове биљке се сеју у истом правцу редова [88].

Треба имати у виду да се при гајењу кима у мешовитом усеву сетвена норма смањује за 20–40% у поређењу са чистим усевом. При гајењу на овај начин постиже се то да се у првој години са засејане површине добије принос покривног усева, јер ким, као двогодишња биљка, плодове доноси тек у другој години.

7.2. Нега усева

Нега кима у првој години вегетације. Од мера неге у првој години вегетације примењују се механичке мере у циљу сузбијања корова и прихрањивање. Од механичких мера током гајења кима примењују се међуредно култивирање, окопавање и плевљење. Прва међуредна обрада се обично изводи чим се укажу први редови, како би се разбила покорица и уништиле тек изникле коровске биљке. Друго окопавање је обично две до три недеље након првог, што зависи од појаве корова.

При гајењу двогодишњег кима у првој години обично се практикује уношење 120–150 kg/ha азотних ђубрива пре другог окопавања. Ово прихрањивање повољно утиче на развој, јер се двогодишњи ким споро развија у почетку вегетације. Са друге стране, студије су показале да двогодишњи ким оптимално ђубрен у првој години гајења боље развија корен, има већи проценат презимелих биљака, и даје већи принос плода [124].

Нега кима у другој години вегетације. У другој години вегетациони период кима почиње рано у пролеће. Чим започне вегетација, на парцелу се разбаца 150–200 kg/ha азотних ђубрива, и затим се усев окопава. Већ у мају месецу ким цвета, а крајем јуна сазрева.

Болести. Патогене и сапрофитне гљиве које се јављају на киму доводе до смањења приноса плода и кваре квалитет семена. Испитивањем микопопулације плода (семена) кима установљен је велики број гљива [89; 117]. Међутим, економски најзначајније су: *Septoria carvi*, *Mycocentrospora acerina*, *Phomopsis diachenii*, *Colletotrichum demantium* и *Sclerotinia sclerotiorum*. Поред њих наводе се још и пепелница (*Erysiphe umbelliferarum*), пламењача (*Plasmopara nivea*), рђа (*Puccinia cari-bistortae*) и перавост (*Cercospora carvi*). Такође је установљено и да су *Alternaria alternata*, *A. tenuissima*, *Ulocladium consortiale* и *Fusarium equiseti* патогене за ким [79; 94].

○ *Septoria carvi* Syd.

Симптоми инфекције овом гљивом јављају се у виду некротичних пега на листовима и стаблу кима, што на крају резултује угинућем биљака. Јављају се мале некротичне пеге 0,5 до 2,8 mm у пречнику, са тамним центром и црвенкасто-браон ободом. Инфицирано лишће полако жути, и на њему се

могу уочити црне тачкице које представљају пикниде гљиве. Конидије су издужене, благо закривљене. Гљива често колонизује и штитове и плодове, изазивајући одумирање и отпадање или осипање штитова. Колонија гљиве на PDA подлози је мека, сомотаста, маслинасто зелена. Није забележен савршени стадијум ове гљиве [74; 129].

○ ***Mycocentrospora acerina* Hartig**

Ова гљива је земљишни патоген. Сматра се да њеном ширењу знатно доприноси и кимова коренова ваш (*Pemphigus passeki* Börner) која оштећује корен и на тај начин потпомаже продор патогена. Када хламидоспора изврши инфекцију корена кима, на њему се јављају лезије које се брзо шире и прстенасто захватају корен. Пошто је корен кима релативно танак, болест се прогресивно развија и брзо долази до разводњавања целог корена. Ако је у питању двогодишњи ким, онда гљива презими у корену (јер је физиолошка активност корена зими смањена) и у пролеће настављаја развој [42].

○ ***Phomopsis diachenii* Sacc.**

Симптоми се јављају на корену и приземном делу стабла у виду лезија. Ова гљива се такође јавља и на листовима, штитовима и плодовима. Први симптоми се испољавају у периоду цветања биљака, на штитовима који постају браон боје и остају стерилни, одакле се патоген шири на стабло. Уколико се зараза јави у каснијем стадијуму развоја плодова, они одумиру, а клијавост семена се смањује за 60 до чак 90%. Поред тога, на великом броју клијанаца се уочава некроза. Симптоми на листовима се јављају у виду малих браон тачкица пречника 0,5 mm на врху лишћа. Некроза се брзо шири ка основи листа, и лист одумиру. Колонија је бело сиве боје, а са наличја браон-сива до браон-црна. Пикниди су црне боје и формирају се у мицелији, α конидије су једноћелијске овалне, а β конидије су праве и кончасте [73; 76; 96].

○ ***Colletotrichum demantium* Fr.**

Ова гљива насељава надземни део биљке, углавном листове, стабло и штитове. Међутим, на биљци нису уочљиви симптоми болести. Присуство ове гљиве на семену кима смањује клијавост за 25–30%, а на клијанцима се уочава некроза. Гљива формира тамносиву, готово црну, сомотску мицелију [75; 128].

○ ***Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary**

Склероције ове гљиве се одржавају у земљишту, а у повољним условима влажности гљива се шири аскоспорама које се формирају у апотецијама. Симптоми се јављају на надземним деловима у виду лезија са разводњеним ткивом које временом тамне, и након десетак дана од појаве симптома биљке се суше. У условима велике влаге и температура од 15 до 21 °C може се развити и бела паперјаста мицелија [43].

Поред гљива, забележено је и неколико вируса и бактерија на киму. Од вируса су значајни: Caraway latent virus (CwLV) и Caraway yellow mottle virus (CwYMtV), али и Celery mosaic virus (CeMV) и Tobacco rattle virus (TRV). Од бактерија то су: *Pseudomonas* spp., *Xanthomonas* spp. и *Erwinia* spp.

Инсекти. Најопасније штеточине кима су кимов мољац и кимова гриња. Поред тога, усев кима могу да нападну и лисне ваши (*Cavariella*

aegopodii Scop. и *Dysaphis crategi* Kalt.), али и кимова коренова ваш (*Pemphigus passeki* Börner) као и стенице (*Lygus campestris* L. и *L. kalmi* L.).

○ **Кимов мољац (*Depressaria nervosa* Haworth)**

Одрасли инсекти су велики 10–12 mm са распоном крила од 20 до 25 mm. Крила су браон-бела са бројним уздужним зарезима и попречним тракама браон боје. Женке полажу јаја у наборе лишћа. Гусеница је 15–20 mm дуга, тамносиве до црне боје, са редом јасних црних брадавица са белим ободом и уочљивом жутом пругом по дужини. У почетку гусенице се хране лишћем, а како биљка расте, оне прелазе у штитове, прекривају их паучином, уништавајући цветове и онемогућавају стварање плодова. Када заврше храњење, што се поклапа са периодом сазревања плодова, гусенице се премештају доле, прогризају стабло и улуткавају се. Одрасли се појављују после 2–3 недеље, у јулу месецу или касније, и одлазе на презимљавање (испод коре дрвећа, у жетвене остатке, у силосе). Ова штеточина може да смањи принос кима и до 50%.

○ **Кимова гриња (*Aceria carvi* Nal.)**

Ова штеточина је невидљива голим оком. Ким може бити нападнут током обе године вегетације. Одрасле гриње које презимљавају у листовима лисне розете у марту почињу да се хране. Нападнуто лишће је прекривено светлим тачкицама, а услед јаког напада листови постају таласести и искривљени и на крају вену. У априлу женке полажу јаја на наличју листова. Лутке које се испиле из јаја после две недеље се трансформишу у одрасле. Неколико генерација може да се развије током једне сезоне. Након појаве цветова, гриње прелазе и на њих, а они услед тога мењају боју у ружичасту или зеленкасту и у потпуности су дегенерисани.

7.3. Жетва

Жетва. Плодови кима неравномерно сазревају. Као најподесније време за жетву кима се сматра када плодови почињу да добијају мрку боју, тј. када је 65–75% плодова у фази воштане зрелости. Код двогодишњег кима то је обично крајем јуна, а код једногодишњег крајем августа или почетком септембра месеца. Жетва се врши рано ујутро, док је усев још под росом, да би се смањило осипање.

Принос. Принос кима је врло различит. Двогодишњи ким, ако се гаји као чист усев, даје око 1000–1200 kg/ha плода, а са заштитним усевом 700–1000 kg/ha. Једногодишњи ким даје нешто мање приносе у поређењу са двогодишњим.

Калкулација производње. Према наводима стручњака из Института за проучавање лековитог биља „Др Јосиф Панчић“, трошкови производње кима износе 490 €, а при планираном приносу од 800 kg/ha и откупној цени од 1,5 €/kg може да се оствари добит од око 710 €/ha [34].

Прерада. Дестилацијом плода кима добија се етарско уље. Просечан принос етарског уља је 10 до 12 kg/ha. Након дестилације етарског уља остају уљане погаче које су богате протеинима и уљем, али због великог садржаја влакана могу се користити искључиво за исхрану преживара.

8.

Кумин (*Cuminum cyminum* L.)

Кумин или ђира (*Cuminum cyminum* L.) јесте биљка из фамилије **К**Ариасеае (Umbelliferae), пореклом из источног Медитерана (Египта и Сирије). Индија је највећи произвођач ове биљке на око 410.000 ha, са производњом од преко 176.000 t годишње [95].

Кумин је традиционални индијски зачин, који има оштар и љуткаст укус. Један је од основних састојака карија и грам масале, а користи се и као зачин за салате, пецива, варива, пиринач, махунарке и млечне производе. Користи се и за зачињавање меса како куваног тако и печеног, нарочито јагњетине и пилетине [20].

8.1. Морфологија кумина

Кумин је ниска, једногодишња биљка. Листови су игличасти, плаво-зелене боје. Цветови су ситни, розе боје, сакупљени у мале штитасте цвасте. Плод је шизокарп, који се спонтано распада на два мерикарпа жућкасто-браон боје, дужине 4–5 mm. На плоду је видљиво девет ребара између којих се налазе канали са етарским уљем (vittae).

Просечна висина биљака кумина гајених у Мошорину је била 18,5 cm, и при томе је варирала од 16 до 21 cm [10]. Истраживањима у Ирану установљено је да се висина биљака кретала од 15,29 до 24,42 cm у зависности од екотипа [97]. Оцењивањем ефекта примене He-Ne ласера на морфолошке параметре биљака кумина установљено је да се овом методом висина може повећати са 18,25 cm (контрола) на чак 32,59 cm [39].

Биљке кумина гајене у Мошорину формирале су од 11 до 17 штитова, а у просеку једна биљка је формирала 13 штитова. Истраживања изведена у Индији указују да биљке формирају 9,80 до 20,10 штитова при примени различитих типова ђубрива [113]. У Ирану пак биљке су образовале знатно више штитова, од 28,24 до 42,34 у зависности од количине примењеног азотног ђубрива и густине усева [16].

Пречник штита кумина је у просеку износио 2,75 cm. Обично се наводи да је пречник штита до 3,5 cm и да се састоји од пет до седам штитића. Биљке кумина су у просеку огледа формирале 19,33 зрна по штиту. У студији у којој је изучавано девет екотипова кумина из Ирана установљено је да се овај параметар креће од 13,75 до 15,50 [84], док је у Индији утврђено да биљке кумина образују од 18,25 до 23,14 плодова у штиту, у зависности од врсте примењеног ђубрива [80].

8.2. Хемијски састав и употреба кумина

Код кумина, као и код кима, користи се искључиво плод (*Cumini fructus*). Садржај етарског уља у плодовима кумина из Индије, који смо ми користили као семенски материјал, био је 3,32%. У плодовима биљака гајених у Србији садржај етарског уља био је знатно већи, чак 5,31% [10]. У литератури се наводи да садржај етарског уља у плодовима кумина углавном варира од 2,5–4,5% [86]. Међутим, применом савремених научних метода у пољопривредној производњи, као што је He-Ne ласер, принос етарског уља може значајно да се повећа са 3,82%, колико је било у контроли, на чак 9,17%, колико се добија када се семе пре сетве изложи дејству овог ласера у влажним условима у трајању од 20 минута [39].

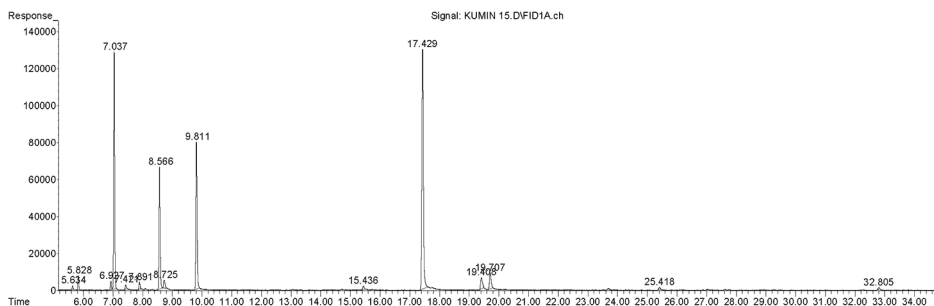
У етарском уљу плодова кумина из Индије, које смо користили као семенски материјал, идентификовано је 19 компоненти, док је у етарском уљу плодова гајених у Србији установљен знатно већи број (30). Хемијски састав испитиваних узорака приказан је у табели 11.

Табела 11. Хемијски састав етарског уља плодова кумина гајених у Индији и у Србији

Једињење	RT	RI	Индија	Србија
α -тујен	5.588	926	0,2	0,3
α -пинен	5.779	933	0,8	0,8
сабинен	6.861	973	0,8	1,0
β -пинен	6.980	977	16,7	16,6
мирцен	7.345	991	0,6	1,0
α -феландрен	7.811	1006	траг	траг
δ -3-карен	8.008	1011	нд	траг
α -терпинен	8.215	1017	нд	траг
p -цимен	8.633	1023	4,9	9,3
β -феландрен	8.723	1027	0,3	0,5
1,8-цинеол	8.763	1031	0,1	0,1
γ -терпинен	9.724	1059	11,8	12,8
<i>цис</i> -сабинен хидрат	10.031	1062	нд	траг
терпинолен	10.858	1088	нд	траг
<i>транс</i> -сабинен хидрат	11.228	1099	нд	траг
<i>транс</i> -пинокарвеол	12.905	1038	нд	траг
пинокарвон	13.923	1161	нд	траг
NI	14.063	1162	нд	0,1
NI	14.128	1163	нд	0,1
терпинен-4-ол	14.558	1176	нд	траг
1,3-циклохексадиен-1-метанол, 4-(1-метил,метил)	15.275	1194	0,4	0,4
куминалдеhid	17.349	1241	26,2	24,5
α -терпинен-7-ал	19.253	1284	6,8	5,5
γ -терпинен-7-ал	19.623	1292	30,2	26,8
p -мета-1,4-диен-7-ол	21.269	1331	траг	0,1
дауцен	23.519	1381	траг	траг
<i>транс</i> -кариофилен	25.243	1422	0,1	траг
<i>транс</i> - β -фарнезан	26.859	1461	траг	0,1
10-епи- β -акорадиен	27.598	1478	нд	траг
каротол	32.633	1601	0,1	траг
Број идентификованих компоненти			19	30

NI – неидентификована компонента, траг – компонента присутна са мање од 0,1%, нд – није детектовано

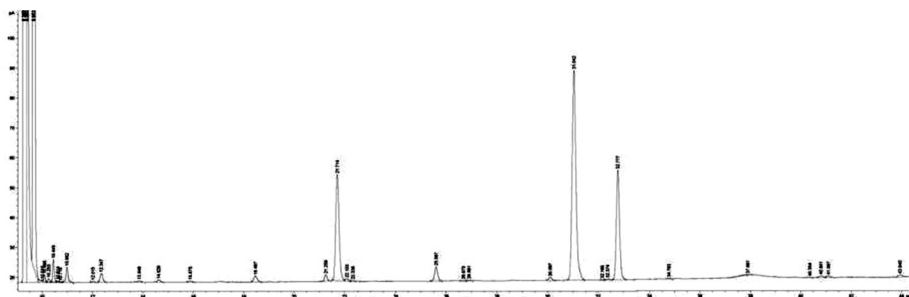
Најзаступљеније компоненте и у етарском уљу кумина из Индије и из Србије биле су γ -терпинен-7-ал (30,2% односно 26,8%), кумин алдехид (26,2% односно 24,5%), β -пинен (16,7% односно 16,6%), γ -терпинен (11,8% односно 12,8%) и α -терпинен-7-ал (са 6,8% односно 5,5%). Све остале компоненте су биле присутне са мање од 1%. Карактеристични хроматограм етарског уља плода кумина приказан је на слици 10.



Слика 10. Карактеристични хроматограм етарског уља плода кумина

Према резултатима других аутора, у етарском уљу кумина из Индије доминира α -пинен (29,1%), лимонен (21,5%), 1,8-цинеол (17,9%) и линалол (10,4%) [45]. У етарском уљу кумина из Туниса доминирају γ -терпинен (25,58–34,16%), кумин алдехид (13,22–23,53%), β -пинен (9,72–16,33%) и 1-фенил-1,2 етандиол (8,25–23,16%), у зависности од обезбеђености биљака водом током вегетационог периода [21].

Испитивањем плодова кумина гајених у Србији током 2014. године установљено је да они садрже 8,39% масног уља, у коме меша олеинске и палмитинске киселине (C18:1) има највећи удео (59,33%), потом следи линолна (C18:2) са 26,95%. Карактеристични хроматограм масног уља плода кумина приказан је на слици 11.



Слика 11. Карактеристични хроматограм масног уља плода кумина

Садржај масног уља у плодовима кумина гајеног у Пакистану је био 20,42%, док су узорци пореклом из Туниса садржали 17,77% масног уља, а из Индије 15,40% [20; 110]. У кумину из Пакистана најзаступљенија масна киселина је била олеинска (65,87%), а потом су следиле линолна (18,67%) и палмитинска (11,69%). У узорцима из Туниса и Индије петроселинска киселина је била доминантна са 55,90% и 41,42%, а потом су следиле палмитинска и линолна.

У Индијској народној медицини кумин се користи као диуретик, за лечење стомака и надутости. Истраживањима је потврђено да кумин штити бубреге од оштећења, а на основу традиционалних Индијских рецепата направљене су комерцијалне биљне формулације на бази ове биљке за лечење камена у бубрегу [33; 77]. Истраживањима је потврђено да јак и специфичан мирис који поседује кумин појачава лучење пљувачке у устима, али и других дигестивних ензима, те на тај начин стимулише апетит и помаже варењу хране [81; 87]. Поред тога делује и опуштајуће на глатке мишиће стомака, што утиче на смањење грчева [32].

У новије време је откривено да ова биљка поседује велику фармаколошку активност. То се у првом реду односи на антимикробна и антиоксидативна својства, затим на антиканцерогену и имуномодулаторну активност [20; 28; 45; 52; 87]. Кумин се са успехом може користити и за лечење дијабетеса и епилепсије [54; 56].

8.3. Услови успевања и гајење кумина

Веgetациони период кумина у агроеколошким условима Србије је трајао 98 дана. Семе је никло након три недеље, а месец дана након ницања биљке су почеле да цветају. Цветање је трајало месец дана. Период сазревања је трајао три недеље. Раст и развој биљака кумина гајеног 2014. године на огледном пољу у Мошорину приказан је на слици 12. Кумин је биљка кратког вегетационог периода који траје од 70 до 91 дан. Од сетве до ницања у условима Ирана прође од 10 до 17 дана, од ницања до 50% цветања 44 до 54 дана, а од цветања до жетве 16–19 дана [82]. У нашим агроеколошким условима вегетациони период је трајао нешто дуже (7 дана), и све фенолошке фазе су биле по неколико дана дуже од наведених вредности забележених у Ирану.



Слика 12. Раст и развој биљака кумина

Кумин се углавном гаји у аридним и семиаридним регионима, на песковитом земљишту. У том подручју земљиште је обично сиромашно хранљивим материјама, па се значајно повећање приноса добија применом и минералних и органских ђубрива [15].

У Ирану, кумин се обично сеје током зиме (од новембра до марта) [98]. У агроколошким условима Србије кумин смо сејали почетком априла месеца, што је оптимално време за сетву већине биљака из фамилије *Ariaseae* у овом подручју.

Истраживања у Ирану указују да се најбољи резултати постижу при густини биљака од 120 до 150 биљака по метру квадратном, односно при међуредном размаку од 20 cm, од 2,5 до 3,0 cm између биљака у реду [16; 104].

Принос плода кумина се креће од 400 до 1000 kg/ha [16; 118], док је принос етарског уља које се добија дестилацијом воденом паром од 6,6–20,1 l/ha [65; 78].

9.

Индекс појмова

Aceria carvi 40

активност

- антимикробна 25
- антиоксидативна 25

болести 38

број

- плодова у штиту 13, 14
- штитова по биљци 12

висина биљака 10, 11

гајење 36

Depressaria nervosa 40

ђубрење 36

жетва 40

карвон 18

киселина

- линолна 22
- олеинска 22
- палмитинска 22
- петроселинска 22

лимонен 18

маса 1000 плодова 14, 15

монотерпени 18

морфолошке карактеристике 10

Mycocentrospora acerina 39

нега усева 38

основна обрада 36

Oleum carvi 22

предусев 36

пречник штитова 12, 13

принос 40

Phomopsis diachenii 39

сесквитерпени 20

сетва 37

систем органа

- за варење 23
- за излучивање 25
- нервни 25

Sclerotinia sclerotiorum 39

Septoria carvi 38

транс-дихидрокарвон 18, 21

транс-карвеол 18, 20, 21

уље

- старско 17, 18
- масно 17, 22

употреба 23

услови успевања

- агроколошки 27, 28

фенолошке фазе 27, 28

хипергликемија 24

хиперлипидемија 24

хроматограм 20, 22

Carum carvi L. 9

Carvi aethroleum 17

Carvi fructus 17

Colletotrichum demantium 39

Cuminum cyminum L. 41

10.

Литература

- 1. Aćimović M. (2013):** Produktivnost kima, anisa i korijandra u sistemu organske poljoprivrede. Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet Zemun, Univerzitet u Beogradu, str: 3, 55, 62, 65, 72.
- 2. Aćimović M. (2013):** The influence of fertilization on yield of caraway, anise and coriander in organic agriculture. *Journal of Agricultural Sciences*, 58(2):85–94.
- 3. Aćimović M., Dolijanović Ž., Oljača S., Kovačević D., Oljača M. (2015):** Effect of organic and mineral fertilizers on essential oil content in caraway, anise and coriander fruits. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, 14(1):95–103.
- 4. Aćimović M., Filipović V., Stanković J., Cvetković M., Oljača S. (2015):** The influence of ecological conditions on *Carum carvi* L. var. *annum* seed quality. *Field and Vegetable Crops Research*, 52(3):91–96.
- 5. Aćimović M., Jaćimović G., Oljača S., Sharaf-Eldin M., Đukanović L., Vuga-Janjatov V. (2011):** Efikasnost biofertilizatora na klijavost i prinos kima, anisa i korijandera. *Letopis naučnih radova, Poljoprivredni fakultet u Novom Sadu*, 35(1):67–74.
- 6. Aćimović M., Kostadinović Lj., Popović S., Lević J., Dojčinović N. (2015):** Apiaceae seeds as functional food. *Journal of Agricultural Sciences*, 60(3):237–246.
- 7. Aćimović M., Oljača S. (2013):** Mogućnosti primene kima, anisa i korijandra u organskoj proizvodnji. *Biljni lekar*, 41(4):460–466.
- 8. Aćimović M., Oljača S., Tešević V., Todosijević M., Đisalov J. (2014):** Evaluation of caraway essential oil from different production areas of Serbia. *Horticultural Science (Prague)*, 41(3):122–130.
- 9. Aćimović M., Oljača S., Tešević V., Todosijević M., Oljača M., Sviračević V. (2012):** Annual caraway essential oil composition grown in organic and conventional growing systems. *Agriculture and Forestry Podgorica*, 58(3):23–28.
- 10. Aćimović M., Stanković J., Cvetković M., Filipović V., Pavlović S. (2014):** Preliminarni rezultati gajenja kumina u Srbiji. 21. naučnostručni skup “Proizvodnja i plasman lekovitog, začinskog i aromatičnog bilja”. Bački Petrovac, 3.oktobar 2014., Izvodi radova, str.7.
- 11. Ahmad M.H., Abdel-Tawwab M. (2011):** The use of caraway seed meal as a feed additive in fish diets: Growth performance, feed utilization, and whole-body composition of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) fingerlings. *Aquaculture*, 314:110–114.
- 12. Al-Essa M.K., Shafagaj Y.A., Mohammed F.I., Afifi F.U. (2010):** Relaxant effect of ethanol extract of *Carum carvi* on dispersed intestinal smooth muscle cells of the guinea pig. *Pharmaceutical Biology*, 48(1):76–80.

- 13. Ammon H.P.T., Kelber O., Okpanyi S.N. (2006):** Spasmolytic and tonic effect of Iberogast® (STW 5) in intestinal smooth muscle. *Phytomedicine*, 13:67–74.
- 14. Aroiee H., Mosapoor S., Hosainy M. (2005):** Effect of essential oils of fennel, caraway and rosmary on greenhouse whitefly (*Trialeuroides vaporiorum*). *KMITL Science*, 5(2):506–510.
- 15. Asl S.G., Moosavi S.S. (2012):** A study and evaluation in organic fertilizers effects on seed yield and some main agricultural characteristics on cumin plant Ardabil region conditions. *Annals of Biological Research*, 3(11):5130–5132.
- 16. Azizi K., Kahrizi D. (2008):** Effect of nitrogen levels, plant density and climate on yield quantity and quality in cumin (*Cuminum cyminum* L.) under the conditions of Iran. *Asian Journal of Plant Sciences*, 7(8):710–716.
- 17. Bailer J., Aichinger T., Hackl G., de Hueber K., Dachler M. (2001):** Essential oil content and composition in commercially available dill cultivars in comparison to caraway. *Industrial Crops and Products*, 14:229–239.
- 18. Bamdad F., Kadivar M., Keramat J. (2006):** Evaluation of phenolic content and antioxidant activity of Iranian caraway in comparison with clove and BHT using model systems and vegetable oil. *International Journal of Food Science and Technology*, 41(1):20–27.
- 19. Begum J., Bhuiyan N.I., Chowdhury J.U., Hoque N., Anwar N. (2008):** Antimicrobial activity of essential oil from seeds of *Carum carvi* and its composition. *Bangladesh Journal of Microbiology*, 25(2):85–89.
- 20. Bettaieb I., Bourgo S., Sriti J., Msaada K., Limam F., Marzouk B. (2010):** Essential oils and fatty acids composition of Tunisian and Indian cumin (*Cuminum cyminum* L.) seeds: a comparative study. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91:2100–2107.
- 21. Bettaieb-Rebey I., Jabri-Karoui I., Hamrouni-Sellami I., Bourgo S., Limam F., Marzouk B. (2012):** Effect of drought on the biochemical composition and antioxidant activities of cumin (*Cuminum cyminum* L.) seeds. *Industrial Crops and Products*, 36:238–245.
- 22. Blumenthal M., Busse W.R. (1998):** The complete German Commission E monographs: therapeutic guide to herbal medicines. American Botanical Council, Austin, Texas.
- 23. Bodroža-Solarov M., Almaši R., Draganić V., Indić D., Budimčević M., Mastilović J. (2008):** Application of plant extracts as agents against *Sitophilus orizae* L. in stored wheat. *Food Processing, Quality and Safety*, 35(1):27–32.
- 24. Bouwmeester H.J., Davies J.A.R., Smid H.G., Welten R.S.A. (1995):** Physiological limitations to carvone yield in caraway (*Carum carvi* L.). *Industrial Crops and products*, 4:39–51.
- 25. Bouwmeester H.J., Davies J.A.R., Toxopeus H. (1995):** Enantiomeric composition of carvone, limonene, and carveols in seeds of dill and annual and biennial caraway varieties. *Journal of Agriculture Food Chemistry*, 43:3057–3064.
- 26. Bouwmeester H.J., Gershenzon J., Konings C.J.M., Croteau R. (1998):** Biosynthesis of the monoterpenes limonene and carvone in the fruit of caraway. *Plant Physiology*, 117:901–912.
- 27. Carvalho C., Fonseca M. (2006):** Carvone: Why and how should one bother to produce this terpene. *Food Chemistry*, 95:413–422.
- 28. Chauhan P.S., Satti N.K., Suri K.A., Amina M., Bani S. (2010):** Stimulatory effects of *Cuminum cyminum* and flavonoid glycoside on cyclosporine-A and

- restraint stress induced immune suppression in swiss albino mice. *Chemico Biological Interaction* 185(1):66–72.
- 29. Chemat S., Ait-Amar H., Lagha A., Esveld D.C. (2005):** Microwave-assisted extraction kinetics of terpenes from caraway seeds. *Chemical Engineering and Processing*, 44:1320–1326.
- 30. Chevalho C.C.C.R., Fonseca M.M.R. (2006):** Carvone: why and how should one bother to produce this terpene. *Food Chemistry*, 95:413–422.
- 31. Damašius J., Škėmaitė M., Kirkilaitė G., Vinauskienė R., Venskutonis P.R. (2007):** Antioxidant and antimicrobial properties of caraway (*Carum carvi* L.) and cumin (*Cuminum cyminum* L.) extracts. *Veterinarija ir Zootechnika*, T:40(62).
- 32. Dhandapani S., Subramanian V.R., Rajagopal S., Namasivayam N. (2002):** Hypolipidemic effect of *Cuminum cyminum* L. on alloxan-induced diabetic rats. *Pharmacological Research*, 46(3):251–255.
- 33. Dinesh V., Bembrekar S.K., Sharma P.P. (2013):** Herbal formulations used in treatment of kidney stone by native folklore of Nizamabad District, Andhra Pradesh, India. *Bioscience Discovery*, 4(2):250–253.
- 34. Dražić S. (2004):** Gajenje ljekovitog bilja. Counterpart International, Brčko Distrikt, BiH, pp:31–33, 80.
- 35. Eidi A., Eidi M., Rohani H.A., Basati F. (2010):** Hypoglycemic effect of ethanolic extract of *Carum carvi* L. seeds in normal and streptozotocin-induced diabetic rats. *Journal of Medicinal Plants*, 9(35):106–113.
- 36. El-Din A.A.E., Hendaway S.F., Aziz E.E., Omer E.A. (2010):** Enhancing growth, yield and essential oil of caraway plants by nitrogen and potassium fertilizers. *International Journal of Academic Research*, 2(3):192–197.
- 37. El-Mougy N.S., Alhabeab R.S. (2009):** Inhibitory effects of powdered caraway and peppermint extracts on pea root rot under greenhouse conditions. *Journal of Plant Protection Research*, 49(1):93–96.
- 38. El-Soud N.H., El-Lithy N.A., El-Saeed G., Wahby M.S., Khalil M.Y., Morsy F., Shaffie N. (2014):** Renoprotective effects of caraway (*Carum carvi* L.) essential oil in streptozotocin induced diabetic rats. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 4(2):27–33.
- 39. El-Tobgy K.M.K., Osman Y.A.H., El-Sherbini E.S.A. (2009):** Effect of laser radiation on growth, yield and chemical constituents of anise and cumin plants. *Journal of Applied Sciences Research*, 5(5):522–528.
- 40. European Medicines Agency; EMA (2013):** Assessment report on *Carum carvi* L., fructus and *Carum carvi* L. aethroleum. London, EMA/HMPC/715093/2013.
- 41. European Pharmacopoeia; Ph.Eur (2008):** 6.0 edition, Council of Europe, Strasbourg.
- 42. Evenhuis A. (1997):** Effect of root injury on lesion development of caraway roots infested by *Mycocentrospora acerina*. *European Journal of Plant Pathology*, 103:537–544.
- 43. Evenhuis A., Verdam B., Gerlagh M., Goossen van de Geijn H.M. (1995):** Studies on major diseases of caraway (*Carum carvi*) in the Netherlands. *Industrial crops and products*, 4:53–61.
- 44. Fang R., Jiang C.H., Wang X.Y., Zhang H.M., Liu Z.L., Zhou L., Du S.S., Deng Z.W. (2010):** Insecticidal activity of essential oil of *Carum carvi* fruits from China and its main components against two grain storage insects. *Molecules*, 15:9391–9402.

- 45. Gachkar L., Yadegari D., Rezaei M.B., Taghizadeh M., Astaneh S.A., Rasooli I. (2007):** Chemical and biological characteristics of *Cuminum cyminum* and *Rosmarinus officinalis* essential oils. Food Chemistry, 102(3):898–904.
- 46. Gupta A., Dubey M., Parmar M., Mahajan S., Sharma R. (2011):** Evaluation of antimicrobial activity of *Carum carvi* (seeds) extract against *E.coli* and *Aspergillus niger*. Drug Invention Today, 3(9):211–213.
- 47. Haidari F., Sayed-Sadjadi N., Taha-Jalali M., Mohammed-Shahi M. (2011):** The effect of oral administration of *Carum carvi* on weight, serum glucose, and lipid profile in streptozotocin-induced diabetic rats. Saudi Medical Journal, 32(7):695–700.
- 48. Hassan E.H., Abdel-Raheem S.M. (2013):** Response of growing buffalo calves to dietary supplementation of caraway and garlic as natural additives. World Applied Sciences Journal, 22(3):408–414.
- 49. Hawerelak J.A., Cattley T., Myers S.P. (2009):** Essential oils in the treatment of intestinal dysbiosis: A preliminary in vitro study. Alternative Medicine Review, 14(4):380–384.
- 50. Heinle H., Hagelauer D., Pascht U., Kelber O., Weiser D. (2006):** Intestinal spasmolytic effects of STW 5 (Iberogast®) and its components. Phytomedicine, 13:75–79.
- 51. Hromiš N., Šojić B., Škaljac S., Lazić V., Džinić N., Šuput D., Popović S. (2013):** Effect of chitosan-caraway coating on color stability and lipid oxidation of traditional dry fermented sausage. Acta periodica technologica, 44:57–65.
- 52. Iacobellis N.S., Cantore P.L., Capasso F., Senatore F. (2005):** Antibacterial activity of *Cuminum cyminum* L. and *Carum carvi* L. essential oils. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53:57–61.
- 53. Jafari B. (2011):** Influence of caraway on improve performance and blood parameters of Japanese quails. Annals of Biological Research, 2(6):474–478.
- 54. Jagtap A.G., Patil P.B. (2010):** Antihyperglycemic activity and inhibition of advanced glycation end product formation by *Cuminum cyminum* in streptozotocin induced diabetic rats. Food and Chemical Toxicology, 48(8–9):2030–2036.
- 55. Jalali-Heravi M., Zekavat B., Sereshti H. (2007):** Use of gas chromatography-mass spectrometry combined with resolution methods to characterize the essential oil components of Iranian cumin and caraway. Journal of Chromatography A, 1143:215–26.
- 56. Janahmadi M., Niazi F., Danyali S., Kamalinejad M. (2006):** Effects of the fruit essential oil of *Cuminum cyminum* Linn. (Apiaceae) on pentylenetetrazol-induced epileptiform activity in F1 neurones of *Helix aspersa*. Journal of Ethnopharmacology 104(1–2):278–282.
- 57. Kalle R., Sõukand R. (2012):** Historical ethnobotanical review of wild edible plants of Estonia (1770s–1960s). Acta Societatis Botanicorum Poloniae, 81(4):271–281.
- 58. Kallio H., Kerrola K., Alhonmaki P. (1994):** Carvone and limonene in caraway fruits (*Carum carvi* L.) analyzed by supercritical carbon dioxide extraction-gas chromatography. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 42:2478–2485.
- 59. Kelber O., Wittwer A., Lapke C., Kroll U., Weiser D., Okpanyi S.N., Helmann J. (2006):** Ex vivo/in vitro absorption of STW 5 (Iberogast®) and extract components. Phytomedicine, 13:107–113.

- 60. Keshavarz A., Minaiyan M., Ghannadi A., Mahzouni P. (2013):** Effects of *Carum carvi* L. (Caraway) extract and essential oil on TNBS-induced colitis in rats. *Research in Pharmaceutical Science*, 8(1):1–8.
- 61. Keskitalo M., Fabritius A.L., Hakala K., Hannukkala A., Ketoja E., Lehtinen A. (2005):** Control of potato late blight by caraway oil in organic farming. *Proceedings of NJF – Seminar 369; organic farming for a new millennium: status and future challenges. Nordic Association of Agricultural Scientists (NJF)*, pp:77–79.
- 62. Khajeali K., Kheiri F., Rahimian Y., Faghani M., Namjo A. (2013):** Effect of use different levels of caraway (*Carum carvi* L.) powder on performance, some blood parameters and intestinal morphology on broiler chicks. *World Applied Science Journal*, 24(8):1044–1048.
- 63. Khayyal M.T., Seif-El-Nasr M., El-Ghazaly M.A., Okpanyi S.N., Kelber O., Weiser D. (2006):** Mechanisms involved in the gastro-protective effect of STW5 (Iberogast®) and its components against ulcers and rebound acidity. *Phytomedicine*, 13:56–66.
- 64. Kitanović M. (2006):** Blago u mom vrtu: gajenje i primena lekovitog, začinskog i aromatičnog bilja. Beoknjiga, Beograd.
- 65. Kizil S., Kirici S., Sönmez Ö. (2008):** Effect of different row distances on some agronomical characteristics and essential oil composition of cumin (*Cuminum cyminum* L.). *Die Bodenkultur*, 59(1-4):77–83.
- 66. Koppula S., Kopalli S.R., Sreemantula S. (2009):** Adaptogenic and nootropic activities of aqueous extracts of *Carum carvi* Linn (caraway) fruit: an experimental study in Wistar rats. *Australian Journal of Medicinal Herbalism*, 21(3):72–78.
- 67. Kuzyšínová K., Mudroňová D., Toporčák J., Nemcová R., Molnár L., Madari A., Vanikova S., Kožár M. (2014):** Testing of inhibition activity of essential oils against *Paenibacillus larvae* – the causative agent of American foulbrood. *Acta Veterinaria Brno*, 83:9–12.
- 68. Lahlou S., Tahraoui A., Israili Z., Lyoussi B. (2007):** Diuretic activity of the aqueous extracts of *Carum carvi* and *Tanacetum vulgare* in normal rats. *Journal of Ethnopharmacology*, 110:458–463.
- 69. Laribi B., Kouki K., Bettaieb T., Mougou A., Marzouk B. (2013):** Essential oils and fatty acids composition of Tunisian, German and Egyptian caraway (*Carum carvi* L.) seed ecotypes: A comparative study. *Industrial crops and products*, 41:312–318.
- 70. Laribi B., Kouki K., Mougou A., Marzouk B. (2010):** Fatty acid and essential oil composition of three Tunisian caraway (*Carum carvi* L.) seed ecotypes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90:391–396.
- 71. Laribi B., Kouki K., Sahli A., Mougou A., Marzouk B. (2011):** Essential oil and fatty acid composition of a Tunisian caraway (*Carum carvi* L.) seed ecotype cultivated under water deficit. *Advances in Environmental Biology*, 5(2):257–264.
- 72. Lemhadri A., Hajji L., Michel J.B., Eddouks M. (2006):** Cholesterol and triglycerides lowering activities of caraway fruits in normal and streptozotocin diabetic rats. *Journal of Ethnopharmacology*, 106:321–326.
- 73. Machowicz-Stefaniak Z. (2009):** The occurrence and biotic activity of *Phomopsis diachenii* Sacc. *Acta Agrobotanica*, 62(2):125–135.

- 74. Machowicz-Stefaniak Z., Zalewska E., Krol E. (2008):** Biotic effect of caraway phyllosphere fungi on the pathogenic fungus *Septoria carvi* Syd. Herba Polonica, 54(3):70–80.
- 75. Machowicz-Stefaniak Z., Zalewska E. (2011):** Occurrence of *Colletotrichum dematium* on selected herbs species and preparations inhibiting pathogens growth and development *in vitro*. Ecological Chemistry and Engineering S, 18(4):465–478.
- 76. Machowicz-Stefaniak Z., Zalewska E., Krol E. (2012):** Patogenicity of *Phomopsis dischenii* Sacc. isolates to caraway *Carum carvi* L. (*Apiaceae*). Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus, 11(2):185–202.
- 77. Mahesh C.M., Gowda K.P.S., Gupta A.K. (2010):** Protective action of *Cuminum cyminum* against gentamicin-induced nephrotoxicity. Journal of Pharmacy Research 3(4):753–757.
- 78. Mazaheri M., Fakheri B., Piri I., Tavassoli A. (2013):** The effect of draught stress and micronutrient of Zn and Mn on yield and essential oil of (*Cuminum cyminum*). Journal of Novel Applied Sciences, 2(9):350–356.
- 79. Mazur S., Nawrocki J. (2004):** Fungal diseases threat on caraway plantations in the south region of Poland. Acta Fytotechnica et zootechnica, 7:201–203.
- 80. Mehta R.S., Anwer M.M., Malhotra S.K. (2012):** Influence of sheep manure, ermicompost and biofertilizer on growth, yield and profitability of cumin (*Cuminum cyminum* L.) production. Journal of Spices and Aromatic Crops 21(1):16–19.
- 81. Milan M.K.S., Dholakia H., Tiku P.K., Vishveshwaraiah P. (2008):** Enhancement of digestive enzymatic activity by cumin (*Cuminum cyminum* L.) and role of spent cumin as a bionutrient. Food Chemistry, 110(3):678–683.
- 82. Mirshekari B., Hamidi J., Zadeh A.R. (2011):** Phenology and yield of cumin at different sowing dates and planting patterns. Journal of Food, Agriculture and Environment, 9(2):385–387.
- 83. Mohamed S.H.S., Zaky W.M., Kassem J.M., Abbas H.M., Salem M.M.E., Said-Al Ahl H.A.H. (2013):** Impact of antimicrobial properties of some essential oils on cheese yoghurt quality. World Applied Sciences Journal, 27(4):497–507.
- 84. Motamedi-Mirhosseini L., Mohammadi-Najad G., Bahraminejad A., Golkar P., Mohammadi-Najad Z. (2011):** Evaluation of cumin (*Cuminum cyminum* L.) landraces under drought stress based on some agronomic traits. African Journal of Plant Science 5(14):819–822.
- 85. Moubarz G., Taha M.M., Mahdy-Abdallah H. (2014):** Antioxidant effect of *Carum carvi* on the immune status of streptozotocin-induced diabetic rats infested with *Staphylococcus aureus*. World Applied Sciences Journal, 30(1):63–69.
- 86. Nadeem M., Riaz A. (2012):** Cumin (*Cuminum cyminum*) as a potential source of antioxidants. Pakistan Journal of Food Sciences, 22(2):101–107.
- 87. Nalini N., Manju V., Menon V.P. (2006):** Effect of spices on lipid metabolism in 1,2-dimethylhydrazine-induced rat colon carcinogenesis. Journal of Medicinal Food, 9(2):237–245.
- 88. Nemeth E. (1998):** Caraway – the genus *Carum*. Medicinal and Aromatic Plants – Industrial profiles, Harwood Academic Publishers.
- 89. Odstrčilová L. (2007):** Changes in the occurrence of mycoflora on caraway seeds after fungicide application. Plant Protection Science, 43(4):146–150.

- 90. Oosterhaven K., Poolman B., Smid E.J. (1995):** S-Carvone as natural potato sprout inhibiting, fungistatic and bacteristatic compound. *Industrial Crops and Products*, 4:23–31.
- 91. Petraityte N. (2005):** Phenotypic and genetic diversity of caraway (*Carum carvi* L.) population in Lithuania. Doctoral dissertation, Lithuanian University of Agriculture.
- 92. Popović S., Mihajlov M., Ristić M. (1997):** Uparedno određivanje količine i sastava etarskih ulja plodova kima (*Carum carvi* L.) gajenih na dva lokaliteta različite nadmorske visine. *Lekovite sirovine*, 46(16):23–27.
- 93. Razzaghi-Abyaneh M., Shams-Ghahfarokhi M., Rezaee M.B., Jaimand K., Alinezhad S., Saber R., Yoshinari, T. (2009):** Chemical composition and antiaflatoxic activity of *Carum carvi* L., *Thymus vulgaris* and *Citrus aurantifolia* essential oils. *Food Control* 20:1018–1024.
- 94. Ristić D., Aćimović M., Trkulja N. (2014):** Morfološka i molekularna identifikacija izolata *Alternaria alternata* – patogena plodova kima u Srbiji. *Zaštita bilja*, 65(4):163–169.
- 95. Rita P., Aninda M., Animesh D.K. (2012):** Cumin (*Cuminum cyminum* L.; Umbelliferae) cultivation in West Bengal plains, Kalyani, Nadia. *International Research Journal of Pharmacy*, 3(2):202–205.
- 96. Rodeva R., Gabler J. (2004):** First report of *Phomopsis diachenii* in Bulgaria. *Mycology Balcanica*, 1:153–157.
- 97. Rostami-Ahmadvandi H., Cheghamirza K., Kahrizi D., Bahraminejad S. (2013):** Comparison of morpho-agronomic traits versus RAPD and ISSR markers in order to evaluate genetic diversity among *Cuminum cyminum* L. accessions. *Australian Journal of Crop Science* 7(3):361–367.
- 98. Sabzevar T.S., Ghavidel R.A. (2011):** Effects of planting date and irrigation date on quantitative characteristics of cumin (*Cuminum cyminum* L.). *World Applied Sciences Journal*, 15 (6):849–852.
- 99. Sadeghian S., Neyestani T., Shirazi M.H., Ranjabarian P. (2005):** Bacteriostatic effect of dill, fennel, caraway and cinnamon extracts against *Helicobacter pylori*. *Journal of Nutritional and Environmental Medicine*, 15(2/3):47–55.
- 100. Sadiq S., Nagi A.H., Shahzad M., Zia A. (2010):** The reno-protective effect of aqueous extract of *Carum carvi* (black zeera) seeds in streptozotocin induced diabetic nephropathy in rodents. *Saudi Journal of Kidney Diseases and Transplantation*, 21(6):1058–1065.
- 101. Saghri M.R., Sadiq S., Nayak S., Tahir M.U. (2012):** Hypolipidemic effect of aqueous extract of *Carum carvi* (black zeera) seeds in diet induced hyperlipidemic rats. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 25(2):333–337.
- 102. Samojlik I., Lakić N., Mimica-Dukić N., Đaković-Švajcer K., Božin B. (2010):** Antioxidant and hepatoprotective potential of essential oils of coriander (*Coriandrum sativum* L.) and caraway (*Carum carvi* L.) (Apiaceae). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58:8848–8853.
- 103. Şanlı A., Karadoğan T., Tonguç M., Baydar H. (2010):** Effects of caraway (*Carum carvi* L.) seed on sprouting of potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers under different temperature conditions. *Turkish Journal of Field Crops*, 15(1):54–58.
- 104. Sardooyi A.M., Shirzadi M.H., Naghavi H. (2011):** Effect of planting date and plant density on yield and yield components of green cumin (*Cuminum cyminum* L.). *Middle-East Journal of Scientific Research*, 9(6):773–777.

- 105. Schemann M., Michel K., Zeller F., Hohenester B., Rühl A. (2006):** Region-specific effects of STW 5 (Iberogast®) and its components in gastric fundus, corpus and antrum. *Phytomedicine*, 13:90–99.
- 106. Schöne F., Vetter A., Hartung H., Bergmann H., Biertümpfel A., Richter G., Müller S., Breitschuh G. (2006):** Effects of essential oils from fennel (*Foeniculi aethroleum*) and caraway (*Carvi aethroleum*) in pigs. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 90:500–510.
- 107. Sedlakova J., Kocourkova B., Lojkova L., Kuban V. (2003):** The essential oil content in caraway species (*Carum carvi* L.). *Horticultural Sciences (Prague)*, 30(2):73–79.
- 108. Seidler-Lozykowska K., Bocianowski J. (2012):** Evaluation of variability of morphological traits of selected caraway (*Carum carvi* L.) genotypes. *Industrial Crops and Products*, 35:140–145.
- 109. Seidler-Lozykowska K., Baranska M., Baranski R., Krol D. (2010):** Raman analysis of caraway (*Carum carvi* L.) single fruits. Evaluation of essential oil content and its composition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58:5271–5275.
- 110. Shahnaz H., Hifza A., Bushra K., Khan J.I. (2004):** Lipid studies of *Cuminum cyminum* fixed oil. *Pakistan Journal of Botany*, 36(2):395–401.
- 111. Šilješ I., Grozdanić Đ., Grgesina I. (1992):** Poznavanje, uzgoj i prerada lekovitog bilja. Školska knjiga, Zagreb.
- 112. Simic A., Rančić A., Sokolović M.D., Ristić M., Grujić-Jovanović S., Vukojević J., Marin P.D. (2008):** Essential oil composition of *Cymbopogon winterianus* and *Carum carvi* and their antimicrobial activities. *Pharmaceutical Biology*, 46(6):437–441.
- 113. Singh R., Rao A.V. (2006):** Response of cumin (*Cuminum cyminum* L.) cultivars to nutrient management practices in arid zone of Rajasthan, India. *Journal of Spices and Aromatic Crops* 15(1):30–33.
- 114. Škrinjar M., Mandić A., Mišan A., Sakač M., Šarić Lj., Zec M. (2009):** Effect of mint (*Mentha piprta* L.) and caraway (*Carum carvi* L.) on growth of some toxigenic *Aspergillus* species and aflatoxin B1 production. *Zbornik Matice Srpske za Prirodne Nauke*, 116:131–139.
- 115. Spilková J., Kašparová M. Kučerová H., Koula V. (2005):** Atlas mikroskopie drog. Univerzita Karlova v Praze, Farmaceutická fakulta v Hradci Králové (<http://apps.faf.cuni.cz/MikroskopieDrog>)
- 116. Stamenković V. (2005):** Naše neškodljive lekovite biljke. NIGP Trend, Leskovac.
- 117. Stojanović S., Pavlović S., Aćimović M., Aleksić G., Kuzmanović S., Jošić D. (2014):** Fungi associated with caraway fruit in Serbia. Eighth Conference on Medicinal and Aromatic Plants of Southeast European Countries (8th CMAPSEEC), May 19–22, 2014, Durrës, Albania, Book of Proceedings, pg. 330–334.
- 118. Tbaileh A.N.M., Haddad N.I., Hattar B.I., Kharallah K. (2007):** Effect of some agricultural practices on cumin (*Cuminum cyminum* L.) productivity under rainfed conditions of Jordan. *Jordan Journal of Agricultural Sciences*, 3(2):103–116.
- 119. Terzić M., Terzić D. (2012):** Lekoviti čajevi i biljni melemi. Computer book, Beograd.

- 120. Toxopeus H., Lubberts H.J. (1994):** Effect of genotype and environment on carvone yield and yield components of winter-caraway in the Netherlands. *Industrial Crops and Products*, 3:37–42.
- 121. Valkovszki N.J. (2011):** Optimization of conditions of growing technology of annual caraway (*Carum carvi* L. var. *annuum*) on chernozem meadow soil. Ph.D. Thesis Booklet Corvinus University of Budapest, Faculty of Horticultural Sciences.
- 122. Vilfort R. (2009):** Lekovito bilje i njihova upotreba. Sezam book d.o.o., Zrenjanin.
- 123. Villarini M., Fatigoni C., Cerbone B., Dominici L., Moretti M., Pagiotti R. (2011):** In vitro testing of a laxative herbal food supplement for genotoxic and antigentoxic properties. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(12):2533–2539.
- 124. Węglarz Z. (1983):** Effect of agricultural agents on the transition of *Carum carvi* L. from vegetative to generative phase. II. Effect of fertilization and soil moisture on the development and cropping of *Carum carvi* L. *Herba Polonica*, 1:21–26.
- 125. Yang J.O., Park J.H., Son B.K., Moon S.R., Kang S.H., Yoon C., Kim G.H. (2009):** Repellency and electrophysical response of caraway and clove bud oils against bean bug *Riptortus clavatus*. *Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry*, 52(6):668–674.
- 126. Yeom H.J., Kang J.S., Kim G.H., Park I.K. (2012):** Insecticidal and acetylcholine esterase inhibition activity of Apiaceae plant essential oils and their constituents against adults of German cockroach (*Blattella germanica*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60:7194–7203.
- 127. Yosefi S.S., Sadeghpour O., Sohrabvand F., Atarod Z., Askarfarashah M., Ateni T.R., Yekta N.H. (2014):** Effectiveness of *Carum carvi* on early return of bowel motility after Caesarean section. *European Journal of Experimental Biology*, 4(3):258–262.
- 128. Zalewska E. (2010):** Patogenicity of *Colletotrichum demantium* (FR.) grove to caraway *Carum carvi* L. *Acta Agrobotanica*, 63(1):137–147.
- 129. Zalewska E. (2010):** Occurrence and characterization of *Septoria carvi* Syd. (*Coelomycetes*, *Sphaeropsidales*). *Herba Polonica*, 54(1):25–33.

DISSERTATIO EDITION



Publisher: ANDREJEVIĆ ENDOWMENT

11120 Belgrade, Držičeva 11, Serbia
tel./fax: (+381 11) 3862-430, 2401-045
e-mail: zandrejevic@gmail.com
www.zandrejevic.rs

Editor in Chief

Prof. Dr. Kosta Andrejević

**Editorial Board of the
DISSERTATIO EDITION**

Prof. Dr. Živan Maksimović, President
Prof. Dr. Mirjana Roter Blagojević, Vice
President
Prof. Dr. Teodora Beljić Živković
Prof. Dr. Dušan Ivanić
Prof. Dr. Ilija Kajtez
Prof. Dr. Boris Lončar
Prof. Dr. Srđan Marković
Prof. Dr. Dušanka Milojković-Opsenica
Prof. Dr. Radmila Nikolić
Prof. Dr. Vesna Rakić-Vodinelić
Prof. Dr. Tatjana Starodubcev
Prof. Dr. Borislav Stojkov
Prof. Dr. Danijel Cvjetičanin

Author

Milica Aćimović, PhD
Caraway (Carum carvi L.)

Reviewers

Prof. Dr. Stevan Maširević
Dr. Ljiljana Kostadinović, Research
Associate
Prof. Dr. Nataša Milić

Editor

Tatjana Andrejević

Translated by

Milica Aćimović, PhD

Proofreader

Tijana Varagić, MA

Layout and prepress

Helena Mitić, ing. graph. tech.

Front cover illustration

Caraway (Carum carvi L.)

Printed by

Instant system d.o.o., Belgrade

Copies printed

500
ISSN 0354-7671
ISBN 978-86-525-0252-3

DISSERTATIO EDITION

Milica Aćimović, PhD

Caraway (*Carum carvi* L.)



Andrejević Endowment
Belgrade, 2016

*To Milan, Sanja and Radoslav,
for their unwavering support and understanding*

Contents

1.	Abstract	63
2.	Introduction	65
3.	Morphology of caraway	66
3.1.	Morphological description of the plant	66
3.2.	Morphological description of the fruit	69
4.	Chemical composition of caraway fruit	71
4.1.	Essential oil content in caraway fruit	71
4.2.	Chemical composition of caraway fruit essential oil	72
4.3.	Fatty oil of caraway fruit	75
5.	Caraway uses	76
5.1.	Pharmacological uses	76
5.2.	Uses in organic agriculture	78
6.	Phenological stages of caraway and environmental conditions	80
6.1.	Phenological stages of caraway	80
6.2.	Influence of weather conditions on phenological stages of caraway	81
6.3.	Influence of weather conditions on some traits of caraway	84
7.	Caraway growing technology	88
7.1.	Crop establishment	88
7.2.	Crop care	89
7.3.	Harvest	92
8.	Cumin (<i>Cuminum cyminum</i> L.)	93
8.1.	Morphology	93
8.2.	Chemical composition and use	94
8.3.	Environment and cultivation	96
		61

9.	Index of terms	97
10.	References	47

2.

Abstract

This monograph deals with caraway as a medicinal and aromatic plant, a favored spice throughout Europe, especially in meat products and pastries, as well as traditional remedy for digestion disorders. During the last few years, it was established that caraway has great potential especially in the pharmaceutical industry, as well as a dietary supplement in everyday nutrition in order to prevent many diseases.

In this monograph, we get familiar with the morphological characteristics of caraway plant and fruit. The fruit, which is the main part of the plant, is rich in essential oil. Special attention was paid to its chemical composition, as well as the factors that influence it. The dominant volatile compounds are carvone and limonene, and their ratio influences fruit quality.

This monograph deals with the analysis of agro-ecological growing conditions for the plant, the phenological stages and the need for heat, humidity and light throughout the development cycle of annual caraway plants.

The author describes in detail the growing practices for annual caraway, in which the emphasis is on crop rotation, tillage and fertilization in both conventional and organic cropping system. Since caraway reproduces exclusively by direct sowing, the time of sowing, sowing rate as well as the quality of seed (germination energy and total germination) is analyzed. Cultivation technique, harvest, yield and postharvest processing are also one of the topics.

The monograph presents cumin as well, which is also called Indian caraway or jeera. Cumin fruit resembles caraway fruit, so these two species are often mistaken for one another. Fruits of cumin are also rich in essential oil, with cuminaldehyde as the main compound. They have a pungent odor which gives the typical fragrance in Indian cuisine.

The monograph presents the authors results in addition to the results of a number of researchers who have studied these plants, so it provides a synthesis of the current knowledge of caraway and cumin, and is an important literary source for other scientists, but also those who want to learn more about these plants.

Key words:

1. *Carum carvi* L.
2. morphological characteristics
3. essential oil
4. uses
5. phenological stages
6. environmental conditions
7. growing
8. diseases
9. *Cuminum cyminum* L.

2.

Introduction

Caraway (*Carum carvi* L.) is a plant from Apiaceae family (Umbelliferae) originating from the Mediterranean region. It has two forms: annual (*Carum carvi* var. *annua*) which usually grows in warm climates and biannual (*Carum carvi* var. *biennis*) which grows in cooler climates.

Caraway is one of the oldest spice plants, found in archaeological excavations of settlements from the Neolithic period. During 18th and first half of 19th century, caraway fruits were used for improving the taste of bread, but also for prevention of the development of molds [57].

As a natural preservative and flavoring, caraway is added to sausages, including the famous “kulen” produced in Serbia, around Bački Petrovac (Petrovskà klobàsa) [51]. Caraway essential oil can be used successfully as a natural preservative in the production of dairy products, especially Greek yogurt [83]. It is used in a similar manner in confectionery industry, where it is added to creams and ice creams.

Through Europe, caraway is used for flavoring alcoholic beverages. In Serbia, caraway brandy is made by processing natural wine distillate enriched with caraway. It is known that it stimulates the appetite and improves digestion. “Aquavit”, the alcoholic drink flavored with caraway, is made in the Scandinavian countries, in Iceland “Brennivin”, while in Germany “Kummel” is made.

3.

Morphology of caraway

This chapter provides a detailed description of the caraway plant and fruit with pictures. In addition, there is an overview of five morphological traits (plant height, number of umbels per plant, umbel diameter, number of fruits in an umbel and thousand fruit mass), which were observed in 2011 and 2012, on three experimental fields in Vojvodina.

3.1. Morphological description of the plant

Caraway (*Carum carvi* L.) ($2n=20$) is a herbaceous plant, annual and biannual forms are very similar in morphology.

The root system is tap, white or pale yellow, 15–20 cm long and 1–2 cm thick. Caraway germinates with two lanceolate descending cotyledons with poorly expressed nervature. The tips of cotyledon leaves are pointed and positioned horizontally. Hypocotyl is short and thick. The first true leaf is feathery and unequally divided.

“The leaves of the leaf rosette and lower leaves are on long petioles, with 6–12 lobes that are double or triple pinnate. The leaves on the stem are arranged alternately, and the leaves at the top are thread-like” [1, pg 3] (Picture 1).

Picture 1. Caraway leaves: A) leaf from leaf rosette, B) leaf from stem [1] (see page 11)

Biannual caraway forms only the leaf rosette in the first year, which consists of 7–18 leaves usually up to 20 cm long. With the end of the vegetation period the above-ground part dies, while the root winters. In the spring, the development of the plant starts early, and 4–5 weeks after the first shoots appear, a flower stem develops. The vegetation period of this form of caraway usually lasts 440–460 days.

Annual caraway forms a leaf rosette with less leaves (usually up to five), and quickly starts developing the umbel. The vegetation period lasts 140–160 days.

Flower stem is upright with a branching upper part. By studying the phenotypic traits and genetic diversity of populations of the biannual caraway in Lithuania, it was found that the plant height ranged from 33 to 100 cm [91].

In the studies that we have done with the annual caraway in two years (2011/12), at three localities in Vojvodina (Mošorin, Veliki Radinci and Ostojićevo), with the application of six different modes of fertilization (control,

Slavol, BactoFil B-10, Royal Ofert biohumus, vermicompost and chemical NPK fertilizer), plant height ranged from 39.04 to 74.71 cm (Table 1). Weather conditions during a year had a significant influence on this parameter. "In 2011, 14% greater plant height was realized in comparison with 2012" [1, pg 62]. The reduction in height of caraway plants during the dry year conditions and about 20% less biomass formation was cited by other authors [70]. From this it can be concluded that drought substantially reduces plant height. That the plant height is directly dependent on meteorological conditions, i.e. on the amount of precipitation and air temperature, and hydrothermal coefficient (HTC), has already been stated [91].

The locality also significantly affected the plant height. At the experimental plot in Ostojićevo, the shortest plants were recorded, while in Mošorin the tallest. This is associated with the highest total nitrogen content on this site, and it is known that this macronutrient stimulates vegetative growth of plants.

The influence of fertilizers on plant height can be seen in the fact that a statistically significant percentage of the shortest plants was on control plot, while with the application of vermicompost it was 4.6% higher, which was a statistically significant difference. Applying chemical NPK fertilizer also significantly increases plant height (3.4%) compared with control.

In the agro-ecological conditions of Egypt, plant height ranged from 91.5 to 116.5 cm, depending on the amount of applied nitrogen and potassium. By increasing amounts of nitrogen the height of the plants increases, while potassium significantly affects this parameter only in the amount of 90 kg/ha [36].

Inflorescence is an umbel, consisting of 5 to 16 primary rays – umbelletes. The flowers consist of five petals which are white or pale pink with tips bent upward. They are symmetrical, larger on the umbel periphery than the central. The flowers are hermaphrodite, and at the end of flowering usually only male (andromonoecious).

Plants of annual caraway formed 15.40 umbels on average during the two-year research at three localities and with the application of six different regimes of fertilization. "Weather conditions during the year and the locality had a significant influence on the number of umbels per plant. During 2012, caraway plants formed a significantly smaller number of umbels per plant in comparison to 2011" [1, pg 65]. Our results confirm the conclusion of other authors that in dry conditions the number of umbels per plant decreases and leads to a decrease of the yield per unit area [70].

The smallest number of umbels per plant was registered at the locality Veliki Radinci, and the highest in Mošorin (Table 1). The application of different types of fertilizers had no significant effect on this parameter, although plants fertilized with NPK fertilizer formed the largest number of umbels on average during both years of the study (16.04).

Studies of other authors indicate that the number of umbels of biannual caraway ranged from 15.0 to 20.1, depending on the development of plants, or from 7.0 to 51.8, depending on the population and growing localities [88; 91].

The number of umbels that one plant forms depends substantially on the agro-technical measures, especially on the fertilization and plant density. Research carried out in Hungary shows that the number of umbels per plant in annual caraway "SZK-1" ranges from 5.6 to 50.1, by reducing the number of plants per unit area the number of umbels per plant increases, while the effect

of fertilizers depends on the weather conditions [121]. In Egypt, it was found that the number of umbels per plant increased with the increase of nitrogen and potassium fertilizers application rate [36].

Table 1. Display of caraway plant height, number of umbels per plant, umbel diameter and number of fruits per umbel in a two-year study in Vojvodina

	Year (A)	Locality (B)	Fertilization (C)	Plant height (cm)	Number of umbels per plant	Umbel diameter (cm)	Number of fruits per umbel	Thousand fruit mass (g)
	2011	Mošorin	Control	61,82	17,85	7,28	72,37	3,29
	2012	V.Radinci	Slavol	53,31	12,96	6,61	42,99	1,64
		Ostojčevo	<i>BactoFil B-10</i>	68,14	19,15	7,89	64,94	2,33
			<i>Royal Ofert</i>	61,17	11,77	6,43	52,52	2,27
			Vermicompost	43,39	15,29	6,52	55,58	2,78
			NPK	56,26	15,25	6,58	54,33	2,36
				57,33	15,04	6,76	57,21	2,49
				57,44	15,71	7,29	58,12	2,61
				57,33	15,21	7,10	58,59	2,46
				58,85	15,17	7,34	58,59	2,38
				58,17	16,04	6,61	59,25	2,47
Significance of F-test for each source of variation								
	A			1,01	1,54	0,34	4,19	0,07
	B			1,24	1,89	0,41	5,13	0,08
	C			1,75	ns	0,58	ns	0,12
	AB			2,47	ns	ns	10,26	0,17
	AC			ns	ns	ns	ns	0,12
	BC			ns	ns	ns	ns	ns
	ABC			ns	ns	ns	ns	0,29
ns – not significant								

In our study, umbel diameter ranged from 5.92 to 8.77 cm, and it was significantly influenced by weather conditions, the locality and applied fertilizer. During 2011, a significantly bigger umbel diameter (7.28 cm) was achieved in comparison to 2012 (6.61 cm). At the locality Mošorin, umbels in diameter reached an average of 7.89 cm, which was statistically significantly higher than in the other two localities. Caraway plants formed the highest number of

umbels per plant with the application of the vermicompost and microbiological fertilizers BactoFil B–10.

The formation of the number of fruits in the umbel is significantly affected by the climatic conditions and the locality as well as their interaction (Table 1). In favorable conditions of the year (2011), the plants formed on average 72.37 fruits in the umbel, while in the unfavorable conditions that number was reduced by about 40%. At the locality Mošorin, a significantly higher number of fruits in the umbel was recorded in comparison to Veliki Radinci and Ostojićevo. This could be linked to the amount of phosphorus in the soil, 81.6 mg P₂O₅/100 g, and it is known that phosphorus has an important role in the formation of the fruits.

Although the application of fertilizers does not significantly affect the number of fruits in the umbel, it can be concluded that, on average during two years on all three locations, the largest number of fruits was achieved by applying NPK fertilizers (59.25), followed by vermicompost and microbiological fertilizer BactoFil B–10 (58.59).

3.2. Morphological description of the fruit

Caraway fruit (*Carvi fructus*) is a shizocarp, and at the same time is a seed (reproductive plant organ) and drug (medicinal raw material). The fruit is gray brown in color, 3–7 mm long, 1–1.25 mm wide, with a crescent curve (Picture 2). Usually, a shizocarp separates spontaneously into two mericarps. Each mericarp has nine longitudinal ridges, between which are the channels with essential oil.

Picture 2. Caraway fruit (*Carvi fructus*) [1] (see page 14)

Thousand fruit mass in our experiments varied between 1.26 and 3.91 g. Fruit mass was significantly influenced by weather conditions, locality and fertilizers. During the drought (2012), thousand fruit mass was 50% lower. Similarly, in investigations done in Hungary, thousand fruit mass of annual caraway in the extremely dry year was 1.9–2.6 g, while in normal conditions it was 2.15–4.31 g [121]. In other investigations in Tunisia, thousand fruit mass ranged from 2.36 to 3.05 g, where a significant reduction in growth due to dry conditions was recorded [70].

In the experiments which we have carried out, on the locality Ostojićevo, the largest thousand fruit mass was recorded, which was significantly higher than in the localities Veliki Radinci and Mošorin. The application of microbiological fertilizers BactoFil B–10 achieved the highest fruit mass (2.61 g), which is a statistically significant difference. Significant increases in the thousand fruit mass occur with the application of other types of fertilizers in comparison to control (Table 1).

Studies show that the weight of thousand fruit mass varies depending on the genotype, cultivar, environmental conditions and soil types [17; 108; 120].

Picture 3 shows the cross section of the caraway fruit (*Carvi fructus*). In cross section caraway seed has the shape of a regular pentagon and four vittae on the dorsal surface and two on the commissural surface seen with a lens.

Picture 3. Microscopy of caraway: A) The cross section of the caraway fruit [115], B) Detail from the cross section of the caraway fruit [115] (see page 15)

Caraway fruit powder (*Carvi pulvis*) is yellowish-brown. The powder shows the following diagnostic characteristics: fragments of the secretory cells are composed of yellowish-brown or brown, thin-walled, polygonal secretory cells, frequently associated with a layer of thin-walled, transversely elongated cells, 8–12 μm wide. There are also fragments of the epicarp with thick-walled cells and occasional anomocytic stomata. Numerous endosperm fragments containing aleurone grains, droplets of fatty oil and microcrystals of calcium oxalate are in rosette formation. Spiral vessels are accompanied by sclerenchymatous fibers rarely some fiber bundles from the carpophores. Groups of rectangular to sub-rectangular sclereids from the mesocarp with moderately thickened and pitted walls may be present [41].

4. Chemical composition of caraway fruit

As a herbal drug in the pharmaceutical industry, as well as a spice in food industry, the fruit (*Carvi fructus*) is used. Caraway fruit contains 3–7% essential oil, 10–18% fixed oil, about 20% proteins, about 15% carbohydrates, phenolic acids and flavonoids [40].

4.1. Essential oil content in caraway fruit

Caraway essential oil (*Carvi aethroleum*) is obtained from dry caraway fruits by steam distillation. It is a clear, colorless or yellow liquid, with the relative density of 0.904–0.920 g/cm³. It has a distinct odor and a slight peppery smell. Essential oil is located in fruits, in six shizogenic channels (oil ductus, four on dorsal side between ridges, and two on commissural surface).

In the trials done with annual caraway grown during two years at three localities in Vojvodina, the average content of essential oil was 3.95%. During the dry and hot year, high content (4.12%) was noted in comparison to 2011 (3.78%) [8]. It can be said that on locality Ostojićevo, on average for both years, the highest contribution of essential oil (4.38%) was noted, while on locality Veliki Radinci the smallest (3.60%) (Table 2).

Table 2. Essential oil content (%) in caraway fruits grown at three localities in Vojvodina during two years

	Mošorin	Veliki Radinci	Ostojićevo	Average
2011	3,18	3,50	4,66	3,78
2012	4,56	3,69	4,10	4,12
Average	3,87	3,60	4,38	3,95

Essential oil content in caraway fruits depends on variety, agro-ecological conditions and agro-technical practices [24]. By studying the annual and biannual caraway varieties, it was established that annual caraway had almost half as much essential oil [25]. Essential oil content in annual caraway is between 2.8–3.3%, and biannual 3.9–5.0% [30].

Apart from variety, geographical region also had significant influence on essential oil content. Therefore, the fruits of caraway originating in Bangladesh have up to 0.80% of essential oil, from Tunisia 0.86 to 1.20%, Egypt 1.73 to 2.16% and Austria 2.8–3.3% [17; 19; 36; 70]. In Lithuania, by studying different

populations of caraway growing in different localities, great variations in the amount of essential oil were found and they ranged from 2.6 to 8.4% [91].

In one study in Serbia, it was established that the essential oil content in the annual caraway fruits ranged from 2.62 to 4.51% depending on the altitude. This study points to the fact that the wild caraway is mainly found in mountainous areas, and in these agro-ecological conditions (Vlasina, 1200 m altitude) fruits give a significantly higher content of essential oil in comparison to caraway grown in the lowland (Pančevo, 70 m altitude) for 72.10% [92].

4.2. Chemical composition of caraway fruit essential oil

Essential oil from caraway fruits contains about 30 compounds [44; 107]. According to European Pharmacopoeia, caraway essential oil consists largely of carvone (50–65%) and limonene (30–45%). The oil also needs to contain less than 2.5% of *trans*-dihydrocarvone as well as *trans*-carveol and 0.1–1% β -myrcene [41].

In the studies that we have done, 16 components were identified in the essential oil of caraway in 2011, and 15 components in 2012, as shown in Table 3. A typical chromatogram of essential oil of caraway is given in Picture 4, and the structural formulas of the most important components in Picture 5.

Picture 4. A typical chromatogram of the caraway fruit essential oil (see page 20)

The essential oil of caraway consists of monoterpenes, which are in fact derivatives containing two isoprene C5 units with different functional groups and sesquiterpenes that consist of three isoprene units. Monoterpenes were the most frequent class of compounds in our samples (over 98%), whereas sesquiterpenes were present in small amounts (less than 1%).

Monoterpene hydrocarbon limonene was the most abundant compound in the essential oil of caraway in our samples, the average for both years and all three localities was 61.46%. Limonene gives the essential oil that sweet, citrus-like aroma similar to orange peel. Other monoterpene hydrocarbons (α -pinene, sabinene, myrcene, *p*-cymene and γ -terpinene) were present in small amounts.

Monoterpene alcohol *trans*-carveol, which acts an intermediate in the synthesis of carvone from limonene, was present on average with 0.20% in 2011 and 0.29% in 2012.

Monoterpene oxides *cis* and *trans*-limonene oxide during 2011, on average for all three localities was present with 0.18% and 0.17% respectively, in comparison to 2012 when *cis*-limonene oxide was noted in traces, and *trans*-limonene oxide with 0.14%.

Monoterpene ketone carvone is the second most abundant compound in caraway essential oil from our study. Its average content was 36.73%. Carvone gives a specific pungent fresh smell and taste to caraway. *Trans*-dihydrocarvone (with 0.21%, and 0.17%) and neo, izo dihydrocarveole which was present only in the second year (with 0.24%) were also recorded among other monoterpene ketones.

Monoterpene aldehyde, perillaldehyde, was detected only in the first year of investigations in traces.

Table 3. The components of the caraway fruit essential oil and their contribution in the essential oil

Compound	R.t.	R.I.	2011				2012			
			M	R	O	X	M	R	O	X
Monoterpene hydrocarbon										
<i>α</i> -pinene	5.838	933	0.00	tr	0.11	tr	tr	tr	tr	tr
sabinene	6.914	976	0.00	tr	tr	tr	0.00	0.00	0.00	0.00
myrcene	7.400	994	0.29	0.32	0.33	0.31	0.16	0.13	0.16	0.15
<i>p</i> -cymene	8.553	1029	0.00	0.10	tr	tr	0.26	0.26	0.12	0.21
limonene	8.732	1038	57.05	56.19	54.04	55.76	70.04	70.30	61.15	67.16
<i>γ</i> -terpinene	9.797	1061	0.00	0.18	0.15	0.11	tr	tr	tr	tr
Monoterpene alcohols										
<i>trans</i> -carveol	16.472	1222	0.29	0.15	0.15	0.20	0.31	0.34	0.23	0.29
Monoterpene oxides										
<i>cis</i> -limonene oxide	12.805	1133	0.28	0.14	0.11	0.18	tr	tr	0.00	tr
<i>trans</i> -limonene oxide	12.960	1140	0.26	0.14	0.12	0.17	0.21	0.22	0.00	0.14
Monoterpene ketones										
<i>trans</i> -dihydrocarvone	15.856	1206	0.15	0.32	0.16	0.21	0.19	0.22	0.11	0.17
<i>neo, iso</i> dihydrocarveole	16.886	1228	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	0.30	0.17	0.24
carvone	17.644	1251	41.53	41.56	44.51	42.53	27.84	27.39	37.57	30.93
Monoterpene aldehyde										
perillaldehyde	18.979	1284	tr	tr	0.11	tr	0.00	0.00	0.00	0.00
Sesquiterpenes										
<i>β</i> -elemene	24.243	1396	0.00	tr	tr	tr	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>trans-β</i> -caryophyllene	25.379	1419	tr	0.24	0.13	0.15	0.20	0.19	0.29	0.23
<i>trans</i> -muurola-4(14),5-diene	28.043	1485	0.00	0.24	tr	tr	0.00	0.00	0.00	0.00
caryophyllene oxide	31.172	1575	0.00	tr	tr	tr	0.10	0.22	0.19	0.17
Unidentified compounds										
UI	16.664	1225	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.16	0.00	0.12
UI	17.160	1243	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.19	tr	0.18

Sesquiterpene in caraway fruit essential oil was noted *β*-elemene, *trans-β*-caryophyllene, *trans*-muurola-4,(14),5-diene and caryophyllene oxide, in small amounts.

Picture 5. The structural formula of the most important components of the caraway fruit essential oil (see page 20)

The biosynthesis of the two most common components of the caraway fruit essential oil, limonene and carvone, proceeds from geranyl diphosphate (GDP) via three-step pathway (Picture 6). First, geranyl diphosphate is cyclized to limonene by a monoterpene synthetase enzyme (A). Then, this intermediate is stored in essential oil ductus without further metabolism or it is converted by enzyme limonene-6-hydroxylase (B) to *trans*-carveol. Lastly, *trans*-carveol is oxidized by a enzyme carvone dehydrogenase (B) to the carvone. It is important to emphasize that the biotransformation of limonene to carvone is only possible from limonene which is not stored in the oil ductus [25; 26].

Picture 6. Biosynthesis of limonene and carvone (see page 21)

The chemical composition of the essential oil of caraway varies greatly depending on the population, on the geographic origin and ecological conditions, but also on the applied fertilizer [9; 19; 44]. In caraway fruits from Holland, carvone content ranged from 53.94 to 59.34%, and limonene from 39.65 to 45.23%, while in the essential oil of caraway from Tunisia 76.8–80.5% carvone and 13.0–20.3% limonene was found [25; 70]. In the essential oil of caraway fruits originating in China carvone and limonene are presented in a smaller percentage (37.98%, and 26.55%, respectively), followed by α -pinene (5.21%), *cis*-carveol (5.01%) and β -myrcene (4.67%) [44].

The main constituents of the essential oil of caraway originating in Italy are carvone (23.3%), limonene (18.2%), germacrene (16.2%) and *trans*-dihydrocarvone (14.0%) [52]. By analyzing essential oil of caraway fruits originating in Algeria, it was found that carvone and limonene are present in relatively small quantities (carvone with 10.3–11.0%, and limonene 11.4–12.3%), while the study with four varieties of annual caraway grown in Austria found that limonene was presented by 13.37–22.93%, and carvone 10.45–19.91% [17; 29].

However, there are essential oils of caraway in which these two components were not detected. For example, caraway grown in Iran contains γ -terpinene (24.40%), 2-methyl-3-fenilpropanole (13.20%) and 2,4(10)-thujadiene (14.02%) as main compounds [55]. There is a significantly different chemical composition of the essential oil of caraway cited by other authors, with the two main ingredients cuminaldehyde (22.08%) and γ -terpinene (17.86%), followed by *p*-cymene (7.99%) [93]. Essential oil of caraway from Bangladesh was dominated by thymol (48.20%), *o*-ocimene (19.29%), γ -terpinene (17.61%) and trimethylene dichloride (8.81%) [19].

From the correlation between the components of essential oils from our research (table 4) it can be seen that limonene and carvone are in a statistically significant correlation ($p = -1$). Limonene, as the most abundant compound, is also in significant negative correlation with perillaldehyde ($p = -0.49$), while carvone is in significant positive correlation ($p = 0.45$) with the present compound. Limonene oxides (*cis* and *trans*) are in mutually significant positive correlation ($p = 0.83$), as well as with *trans*-carveol, while the *trans*-caryophyllene is negatively correlated. *Trans*-caryophyllene is in statistically significant positive correlation with *trans*-dihydrocarvone.

Table 4. Correlation analysis of the components from the caraway fruit essential oil

	<i>myrcene</i>	<i>limonene</i>	<i>cis-limonene oxide</i>	<i>trans-limonene oxide</i>	<i>trans-dihydro carvone</i>	<i>trans-carveol</i>	<i>carvone</i>	<i>perill aldehyde</i>
limonene	-0.10							
<i>cis</i> -limonene oxide	0.35	-0.20						
<i>trans</i> - limonene oxide	0.23	0.20	0.83*					
<i>trans</i> -dihydro carvone	0.43	0.10	-0.14	-0.11				
<i>trans</i> -carveole	0.04	0.42	0.45*	0.70*	-0.24			
carvone	0.05	-1.00*	0.20	-0.19	-0.18	-0.41		
perill aldehyde	0.43	-0.49*	0.41	0.08	0.25	-0.21	0.45*	
<i>trans</i> -caryophyllene	0.19	0.33	-0.56*	-0.48*	0.77*	-0.37	-0.39	-0.14

*correlation are significant on level $p < 0.05\%$

4.3. Fatty oil of caraway fruit

Caraway fruit contain about 10–18% fatty oil (*Oleum carvi*) which mainly consists of petroselinic (30–43%), linoleic (34–37%), oleic (15–25%) and palmitic (4–5%) fatty acids [40].

In experiments with annual caraway grown on locality Mošorin during 2014, 6.94% of fatty oil was found in the fruit. A mixture of oleic and petroselinic acids (C18:1) was comprised of 57.78%, followed by linoleic (C18:2) with 32.26%, palmitic (C16:0) with 5.47%, butyric (C4:0) with 2.12% and stearic (C18:0) fatty acid with 2.08%. A typical chromatogram of fatty oil in caraway seed is shown in picture 7. As it can be seen from this analysis, caraway fatty oil consists mostly of monounsaturated acids (58.07%), followed by polyunsaturated (32.26%), while saturated fatty acids are present with 9.67%. Research in Tunisia showed that caraway fruits contain 2.95–5.68% fatty oil, with 31.53–38.36% petroselinic acid, when it was determined that drought reduces the content of fatty oil in the caraway fruits and decreases petroselinic acid content. Genetic factors such as variety and geographical origin largely influence the content of fatty oil in addition to fruits environmental conditions [69; 70; 71].

Picture 7. A typical chromatogram of fatty oil from caraway fruit (see page 22)

5.

Caraway uses

Caraway is mainly used as a homemade traditional remedy and a spice. It is most commonly used to treat digestive problems, but it was also found that it effectively decreases cholesterol, and has good antioxidant and antimicrobial properties. In the food industry, it is used in the production of alcoholic beverages, sausages, various types of cheese and preserves [6]. In addition, the application in veterinary medicine and animal husbandry, as well as in organic agriculture is also evident [7].

5.1. Pharmacological uses

Caraway has been used to treat digestive disorders for a long time, both in adults and in children. It is mainly used to improve the appetite, for stomach pain relief, against indigestion, bloating and gassiness, as well as for lazy bowels.

German commission E approved the use of caraway fruits as well as its essential oil for treating dyspeptic problems such as mild spastic conditions of the gastrointestinal tract, bloating and gassiness. The recommended daily doses of caraway fruits are 1.5–6 g, or equal dose of the remedy, or 3–6 drops (0.15–0.3 ml) of essential oil. Caraway powder (*Carvi pulvis*) is used for making infusions and other galenic formulations, while the essential oil is used for making galenic preparations or for oral use [22].

The digestive system

The most popular tea against bloating and gassiness (carminative) is caraway tea, which is recommended even for newborn babies (called caraway water). Caraway is used in tea blends against bloating and gassiness and for improving digestion. Wine with added caraway seed is also recommended for these purposes.

It was established that caraway can be used successfully for establishing normal intestinal motility in women after the cesarean section in which the intestinal obstruction is the biggest problem [127]. Caraway can be used as adjunct substance for healing chronic constipation [123]. Apart from this, hydroalcoholic extract and essential oil of caraway are efficient in healing inflammatory bowel disease and reducing ulcer damage. They also have anti-inflammatory properties [60].

In vitro study has shown that caraway essential oil has great degree of selectivity. It inhibits the growth of potential pathogens in concentrations which have no adverse effect on the beneficial members of the flora of gastrointestinal tract, so it can be used for healing dysbiosis (change of the normal balance of intestinal flora) [49]. It was also found that an ethanol extract of caraway acts as a bacteriostatic on *Helicobacter pylori*, which is connected to gastritis [99]. Because it reduces the acidity of gastric juices, caraway relieves gastrointestinal problems that occur as a consequence of dyspeption and heartburn [12; 63].

Caraway tisane: *Crush one teaspoon of caraway fruits in a mortar with a pestle, pour 0.2 l of boiling water over it, cover and leave for two hours, drink after a meal. Use two to three cups during the day* [122].

Caraway water: *Briefly boil two caraway fruits in 0.1 l water, leave to cool, and give it to the baby to drink instead water.*

Tisane against bloating and gassiness: *Make a herbal tea blend from 25 g each of caraway, anise, fennel and coriander fruits, crush in a mortar with a pestle, use one tablespoon of this blend and boil in 0.2 l water 2–3 minutes. When cool, filter and drink two to three times a day* [119].

Tisane for digestion: *Make a herbal tea blend from 20 g each of caraway, anise, fennel fruits, lemon balm leaves, and 10 g each of peppermint and thyme herbs. Take three tablespoon of this herbal tea blend, crush in a mortar with a pestle and pour 0.5 l boiling water over it, cover and filter after two hours, drink after a meal* [119].

Caraway wine (against bloating): *Crush 30 g of caraway fruits in a mortar with a pestle, pour 1 l white vine, and filter after five days. Drink one small glass before a meal* [116].

Caraway liqueur (for relieving discomfort in the stomach): *Crush two tablespoons of caraway fruits in a mortar with a pestle, pour 0.5 l of grape brandy over it. Close the bottle and store it in a cool place for eight days, after that filter and add cold sweet syrup which is made from 300 g sugar and 0.2 l water. After two days the liqueur can be used. The recommended dose is one small glass before a meal* [64].

Iberogast® (STW 5) is commercial herb preparation which contains nine medicinal plants, among which is caraway (*Iberis amara totalis*, *Menthae piperitae folium*, *Matricariae flos*, *Liquiritiae radix*, *Angelicae radix*, *Carvi fructus*, *Silybi mariani fructus*, *Melissae folium* and *Chelidonii herba*). Its efficiency has been proven by numerous studies [12;13; 50; 59; 105].

Hyperlipidemia and hyperglycemia

Hyperlipidemia is the most common risk factor for atherosclerosis and other clinical manifestations of diseases such as coronary heart disease and peripheral vascular disease. The application of aqueous extract of caraway fruits significantly inhibits the increase of total cholesterol and levels of triglycerides [47; 72; 101]. Caraway can be used as adjuvant in the treatment of hyperglycemia [35; 85].

The nervous system

Aqueous extract of caraway fruits shows anti-stress activity. Experiments show that this plant has adaptogenic, antioxidative and nootropic activities [66].

Tisane for calming the nerves, treating heart diseases and regulating blood pressure: Make a herbal tea blend from 10 g each of caraway and fennel fruits, valerian root, hawthorn and lavender flowers, motherwort herb and lemon balm leaves. Pour 0.5 l of boiling water over three tablespoons of this herbal blend, and leave for two hours, filter and drink three times a day [119].

The excretion system

Aqueous extract of caraway fruits significantly increases urine output, and the total volume of urine excreted after applying 100 mg/kg of caraway extract is identical to furosemide (diuretic used in clinical praxes) [68].

In addition, the aqueous extract of caraway fruits decreases the level of glucose in serum, urea, creatinine, total urinary protein and microalbuminuric levels. Caraway possesses strong anti-oxidant activity which provides renoprotection against diabetes and its complications [100]. It is established that the essential oil also protects the kidneys from damages which occur as a consequence of diabetic nephropathy [38].

Tisane for urine excretion I: Make a herbal tea blend from 20 g each of caraway, fennel, carrot, parsley and celery fruits. Crush three teaspoons of this mixture in a mortar with a pestle, pour 0.5 l of boiling water over it, cover and filter after three hours. Drink three times per day before a meal [119].

Tisane for urine excretion II: Make a herbal tea blend from 20 g each of caraway fruits, watermelon seeds, corn silk, greater burdock roots and peppermint leaves. Crush three teaspoons of this mixture in a mortar with a pestle, pour 0.5 l of boiling water over it, cover and filter after three hours. Drink three times per day before a meal [119].

Antimicrobial and antioxidative activities

Alcoholic and aqueous extracts of caraway fruits show strong antibacterial and antifungal activities [52; 112; 114]. According to this research it was established that caraway fruits exhibit significant properties for development of antimicrobial formulations [46].

Caraway also possesses strong antioxidative potential [31; 102]. It is believed that the phenolic compounds present in caraway are responsible for its antioxidant activity [18].

5.2. Uses in organic agriculture

Caraway is a very important plant in organic agriculture. It has insecticidal properties, which can be used to control storage pests. It has an antifungal effect on some of the most important plant pathogenic fungi in vegetable crops, and acts as a potato sprout inhibitor. Caraway can also be used in veterinary medicine and animal husbandry.

Insecticidal activity

Caraway has insecticidal activity against storage pests *Sitophilus zeamais*, *S. oryzae* and *Tribolium castaneum* [23; 44]. Also caraway effectively suppresses white whitefly, *Ritortus clavatus* and cockroaches [14; 125; 126]. There are also well-known insecticides and repellents against fruit flies and mosquitoes based on carvone [27].

Antifungal activity

Research in Finland has found that potato blight (*Phytophthora infestans*) can be effectively suppressed with caraway essential oil. Research in Egypt has shown that sclerotrot rot peas (*Sclerotium rolfsii*) can successfully be controlled by seed treatment with caraway extract before sowing [37; 61].

Allopathic activity

It was found that carvone inhibits potato germination [90; 103]. Caraway is a natural source of carvone widely used in organic practices. Bearing in mind that it is not toxic to humans and does not pollute the environment, in the Netherlands, caraway is used for the synthesis of commercial preparations, called „Tent“, based on carvone [27].

Use in veterinary medicine and animal husbandry

Caraway reduces bloating, soothes colic, and improves appetite in pigs and cattle as well as in humans. Experiments showed that adding caraway to food for pigs increases appetite in newborn piglets [106]. Similarly, it improves digestibility of nutrients, growth performance, ruminal fermentation and metabolic status as food supplement for bulls [48]. Oil-cake remaining after the distillation of essential oils can be used as feed for ruminants, particularly dairy cows, because it increases milk yield.

In poultry nutrition, the use of 2% fruit caraway powder leads to a reduction in feed conversion with an increase in body weight, and thereby reduces abdominal fat. The percentage of meat in the leg and chest increases with the application of caraway in chicken diet. The titer of antibodies to the New Castle virus disease is significantly higher when the broilers are fed with a high content of caraway [53; 62].

Experiments with Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) showed that a diet supplemented with caraway fruits leads to the increase of fish growth and better utilization of the food [11].

Caraway essential oil can be used for suppression of American foulbrood disease caused by *Paenibacillus larvae* [67].

6. Phenological stages of caraway and environmental conditions

This chapter describes the phenological stages of annual caraway and its requirements for moisture, temperature and light during the growing season, as well as during certain phenological stages. Weather conditions influence certain parameters, firstly the harvest index, which further influences yield and quality of caraway fruits.

6.1. Phenological stages of caraway

“According to the experiments with annual caraway, there have not been any differences observed in the length of caraway growing seasons or in the duration of individual phenological stages depending on the applied fertilizers. Differences existed in the locality and years” [1, pg. 55]. In Picture 8, phenological stages of annual caraway are shown.

Picture 8. Growth and development of annual caraway plants [1] (see page 27)

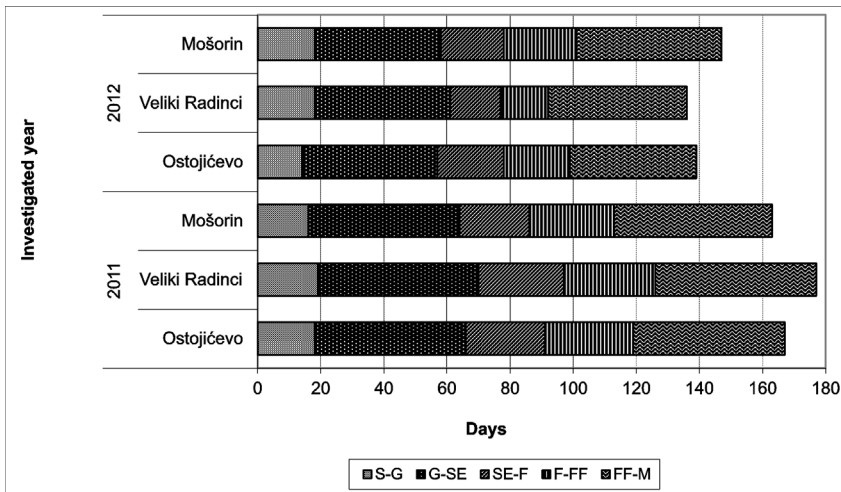


Figure 1. Duration of phenological stages of annual caraway during 2011 and 2012 at all three localities (S – sowing, G – germination, SE – stem elongation, F – flowering, FF – fruit formation and maturation, H – harvest).

The duration of the vegetation period and phenological stages of annual caraway are shown in Figure 1. It can be seen that the vegetation period of annual caraway lasted from 136 to 177 days. It also can be seen that in 2011 it lasted longer (an average 169.0 days) when compared to 2012 (140.7 days).

The germination period lasted 14–19 days, the period from germination to stem elongation, i.e. leaf rosette formation, was the longest (between 40 and 51 days). From stem elongation to flowering, caraway needed 16–27 days. Flowering lasted 15–29 days, and fruit formation and maturation 40–51 days.

All phenological stages during 2012 were shorter on average by 5.7 days when compared to 2011, which in the end resulted in the shortening of the total vegetation period by 28.3 days.

6.2. Influence of weather conditions on phenological stages of caraway

The sum of effective temperatures (GDD) during phenological stages of annual caraway in both years is shown in figure 2. As it can be seen, in 2011, which was more favorable for caraway yield formation, the average sum of effective temperatures was 3207 °C (3048–3317 °C). During 2012, the sum of effective temperatures was lower by 13.2% and the average was 2783 °C (2693–2960 °C).

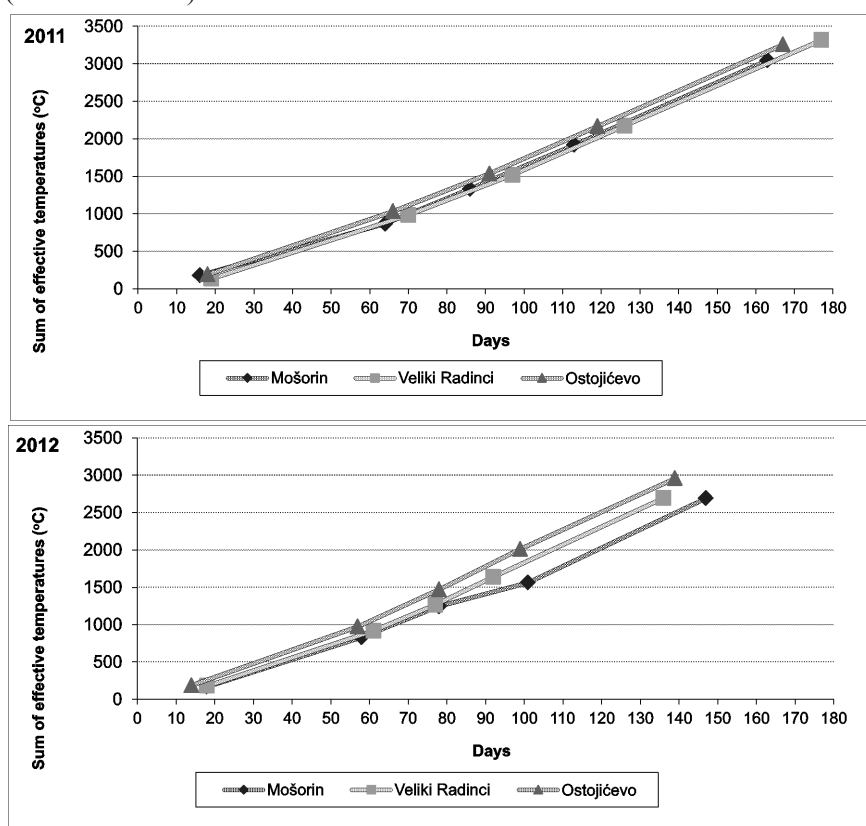


Figure 2. The sum of effective temperatures (GDD) during phenological stages of annual caraway at all three localities in both investigated years

During the period from sowing to germination, the sum of effective temperatures was 170 °C (in 2011), and 179 °C (in 2012). The period from forming a leaf rosette until maturation, the sum of temperatures was lower in 2012 in comparison to 2011. In 2012, during the period of leaf rosette formation, a lower sum of effective temperatures by 63 °C was recorded when compared to the previous year. During the period of flowering, this difference was 83 °C, in the period of fruit formation 212 °C, and during maturation 75 °C.

However, it should be stressed out that during the second year, the mean daily temperatures were higher on average by 1.2 °C (Table 5). Higher average daily temperatures could have caused the shortening of caraway vegetation period in the second year of the study.

Table 5. Average daily temperature (°C) during phenological stages of annual caraway at all three localities in Vojvodina during both years of investigations

	2011				2012			
	M	R	O	X	M	R	O	X
S-G	13	12	13	12.7	12	11	13	12.0
G-SE	15	17	18	16.7	17	17	18	17.3
SE-F	21	20	20	20.3	21	22	24	22.3
F-M	22	23	23	22.7	24	25	26	25.0
M-H	23	22	23	22.7	25	24	24	24.3
X	18.8	18.8	19.4	19.0	19.8	19.8	21.0	20.2

M–Mošorin, R–Veliki Radinci, O–Ostojićevo, X–average, S–sowing, G–germination, SE–stem elongation, F–flowering, M–maturation, H–harvest

Precipitation during the vegetation period of caraway is shown in table 6. In 2011, precipitation higher by 20% on average in comparison to second year of investigations was recorded. Also, the precipitation in the first year had better distribution during the vegetation period. However, from sowing to germination the smallest amount of precipitation was noted. Nevertheless, the seed used the moisture reserves from the winter period, so this deficit did not have a negative influence. During the rest of the growing season, rainfall was evenly distributed and sufficient for the formation of high yield.

Table 6. Amount of rainfall (mm) during phenological stages of annual caraway at three localities in Vojvodina during two investigated years

	2011				2012			
	M	R	O	X	M	R	O	X
S-G	7	15	5	9.0	34	50	48	44.0
G-SE	71	121	63	85.0	99	104	51	84.7
SE-F	40	18	35	31.0	29	18	17	21.3
F-M	33	87	79	66.3	1	6	2	3.0
M-H	43	23	29	31.7	48	39	54	47.0
X	194	264	211	223.0	211	217	172	200.0

M–Mošorin, R–Veliki Radinci, O–Ostojićevo, X–average, S–sowing, G–germination, SE–stem elongation, F–flowering, M–maturation, H–harvest

In 2012, in the period from sowing to germination there was enough rainfall (34–50 mm) which enabled equal and fast germination of caraway seed. Also, during the period of leaf rosette formation (from germination to the stem elongation) the quantity of rainfall was optimal. However, in the period from stem elongation until flowering, there has been a significant rainfall

deficit. Specifically, in Novi Sad there were seven rainy days with an average precipitation of 4.1 mm, in Kikinda five with 3.4 mm and Sremska Mitrovica had four rainy days with an average of 4.5 mm of rainfall. These amounts were insufficient and had a negative impact on yield formation. Dry period continued during the phenological stages of fruit formation, which had a negative impact on the thousand fruit mass and germination. In the period of fruit maturation there was an average of 47 mm of rainfall, but it had no effect on the increase of fruit yield. It can be concluded that drought in generative stages had a negative effect on the caraway fruit yield formation.

The influence of insolation on the duration of the caraway vegetation period and some phenological stages are shown in Figure 3. As it can be seen in the graph, during the caraway vegetation period in 2011, the average duration of insolation was 1442 hours. In 2012, the average number of sunshine hours was lower by 117, and amounted to 1325 hours.

When compared to 2011, in 2012, a higher number of sunshine hours was recorded only in the period of the leaf rosette formation. In all other phenological stages, the amount of insolation was smaller in the second investigated year.

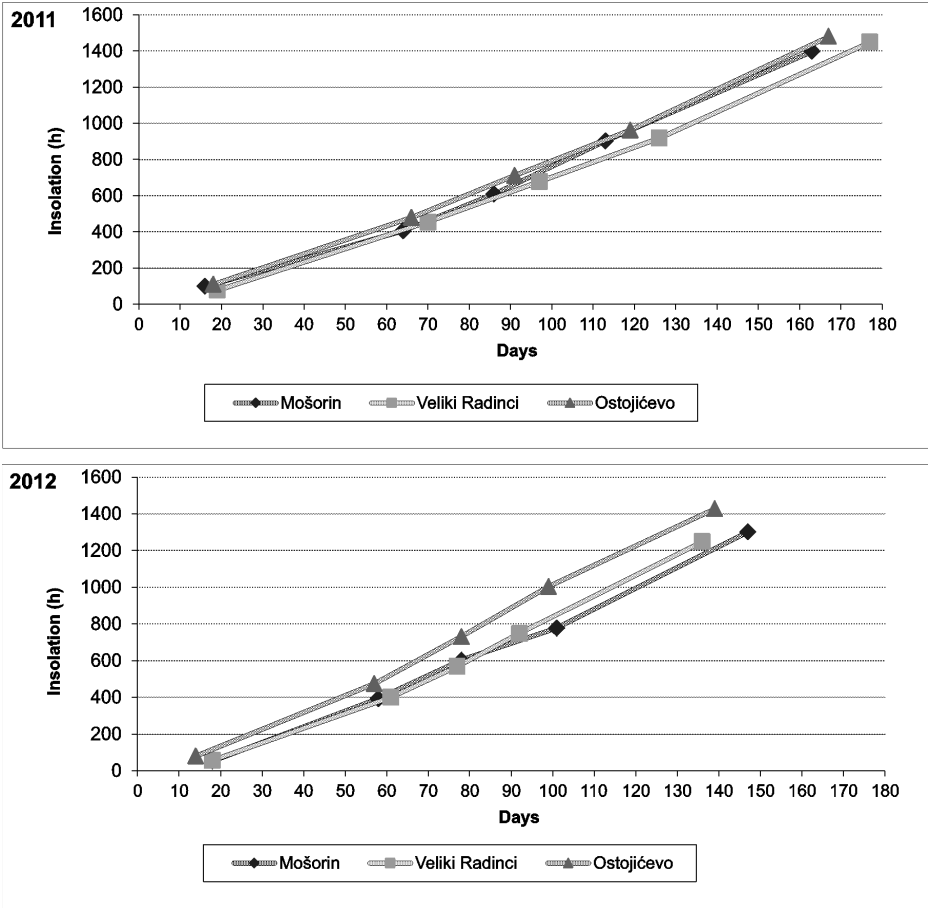


Figure 3. Insolation (h) during phenological stages of annual caraway at three localities in Vojvodina during two investigated years

6.3. Influence of weather conditions on some traits of caraway

Weather conditions influenced almost all investigated parameters of caraway, such as morphological (plant height, umbel diameter, number of umbels per plant, thousand fruit mass), yield (whole plant mass, yield of fruits per plant, harvest index) as well as qualitative parameters (essential oil content in fruit, component ratio in essential oil, seed germination). The morphological parameters were studied in detail in Chapter 3, therefore the yield and fruit quality will be discussed in this one.

Yield of fruits per plant. Fruit yield per plant was influenced by weather conditions and locality, while different fertilizers as well as the interaction was not significant (Table 7). In the favorable year, the yield of fruits per plant was 4.25 g, while in the dry 2012 it was significantly lower (only 0.96 g). At the locality Veliki Radinci, the lowest yield of fruits per plant was achieved, while in Mošorin the highest.

The yield of fruits per plant is determined by the number of umbels per plant, number of fruits per umbel and thousand fruit mass. All the parameters mentioned had statistically significant higher values in the first year of the investigation (2011), so the yield achieved in this year was higher in comparison to the second year of investigations.

During a dry year in Hungary, the yield of fruit per plant was very low, and ranged between 0.02–0.82 g, while in moderate drought conditions it was slightly higher, up to 1.73 g [121]. In Tunisia, the yield of fruit per plant was between 0.70–1.33 g, while in Lithuania it was 1.1–2.9 g [70; 91].

Whole plant mass. Whole plant mass was significantly influenced by weather conditions and locality (Table 7). As it can be seen, in the favorable year, in the trial average, one plant achieved the mass of 10.02 g, while in the dry year only 4.21 g, which is a reduction by 58%. Depending on draught level, whole plant mass can be reduced by 20 even 40% [70]. These results prove that water deficit is a limit factor for the growth and development of caraway.

Harvest index. Harvest index shows the division of photosynthesis products between fruits and vegetative parts of plant. “In the research that we carried out, harvest index was influenced by weather conditions, while other investigated parameters were not statistically significant“ [1, pg. 72]. The average of the harvest index in 2011 was 43.16%, while in 2012 it was very small (22.65%). This pointed out that the percentage of vegetative parts was higher in comparison to generative parts i.e. that harvest index significantly decreases in conditions during a draught.

Table 7. Values of fruit mass per plant, whole plant mass and harvest index of annual caraway depending on weather conditions of the year, locality and fertilizers

		Fruit mass per plant	Whole plant mass	Harvest index
Year (A)	2011	4.25	10.02	43.16
	2012	0.96	4.21	22.65
Locality (B)	Mošorin	3.27	9.21	32.50
	V.Radinci	1.79	4.78	31.99
	Ostojićevo	2.76	7.37	34.23
Fertilization (C)	Control	2.29	6.87	30.70
	Slavol	2.61	7.09	33.04
	<i>BactoFil B-10</i>	2.85	7.22	34.89
	<i>Royal Ofert</i>	2.59	7.16	32.98
	Vermicompost	2.47	7.07	31.47
	NPK	2.81	7.30	34.37
Significance of F-test for each source of variation				
	A	0.40	0.67	4.12
	B	0.50	0.82	ns
	C	ns	ns	ns
	AB	ns	ns	ns
	AC	ns	ns	ns
	BC	ns	ns	ns
	ABC	ns	ns	ns

ns – not significant

Essential oil content in fruit. The content of essential oil in fruit, apart from percentage can be shown as $\mu\text{g}/\text{fruit}$. The second mentioned parameter is very important. If the content of essential oil is shown as % it actually represents the volume of essential oil per specific weight (v/w). As the weather conditions during the year significantly affected the fruit mass, which was significantly lower in drought conditions, the expression of essential oil content in $\mu\text{g}/\text{fruit}$ is a more complete indicator (Table 8).

Table 8. Essential oil content in fruit of annual caraway ($\mu\text{g}/\text{fruit}$) depends on weather conditions and locality

	Mošorin	Veliki Radinci	Ostojićevo	Average
2011	94.42	146.29	128.49	123.07
2012	77.16	51.71	74.45	67.78
Average	85.79	99.00	101.47	95.42

According to the results of a two-year research performed on three experimental fields it can be concluded that caraway fruits accumulated more essential oil (123.07 $\mu\text{g}/\text{fruit}$) in the favorable year (2011) when compared with dry 2012 (67.78 $\mu\text{g}/\text{fruit}$). The influence of the locality was also evident. On average for both years, the smallest amount of essential oil was accumulated in fruit of the plants grown in Mošorin (85.79 $\mu\text{g}/\text{fruit}$), while the plants grown in Ostojićevo and Veliki Radinci had approximately the same average values (99.00 and 101.47 $\mu\text{g}/\text{fruit}$). However, strong interaction between weather conditions and the locality is also present.

Carvone and limonene ratio in essential oil. The content of carvone and limonene in caraway essential oil can be seen from C/L ratio (Table 9). If the C/L is higher, the quality of caraway essential oil is better. In experiments which we have done, the C/L ratio was on average 0.61, so it can be concluded that this population belonged to the limonene chemotype. In Finland, this ratio ranged between 1.7–2.4, in America 1.49, in Czech Republic 1.85–2.74 [25; 58; 107].

From the analysis of the investigated years, it can be established that during 2011 the content of carvone in the essential oil was higher (42.53%) when compared to 2012 (30.93%). From this, it can be concluded that during the dry and hot year the C/L ratio was lower, i.e. that the quality of essential oil was worse [4].

Table 9. C/L ratio in annual caraway essential oil depends on weather conditions and locality

	Mošorin	Veliki Radinci	Ostojićevo	Average
2011	0.73	0.74	0.82	0.76
2012	0.40	0.61	0.39	0.47
Average	0.57	0.68	0.61	0.62

There is evidence that water deficit leads to an increase in the content of limonene, and a decrease of carvone by 7–10%. However, draught does not influence the chemotype of caraway. The increase of draught intensity stimulates the biosynthesis of monoterpene hydrocarbons, while monoterpene ketones (carvone and *trans*-dihydrocarvone) decrease [71].

The change in the accumulation of carvone and limonene can be explained by the level of activity of biosynthetic enzymes. It was found that carvone accumulates in higher concentration during cold and wet weather [91]. This is can be observed in our experiments as well. Actually, during the hotter and dry 2012, 28% less carvone was achieved in comparison to 2011. A very important factor influencing the content of essential oils is light intensity [109]. Sunny weather stimulates the activity of limonene-6-hydroxylase enzyme with the consequence of a high accumulation of carvone in comparison to limonene.

Seed germination. Caraway seed germination was determined in laboratory conditions, according to the ISTA (International Seed Testing Association) rules. A hundred seeds were placed in plastic boxes on filter paper, and the evaluation of germination energy was carried out after seven days, while total germination after 21 days. From table 10 it can be seen that the year had a statistically significant impact on both germination energy and total germination. Germination energy in 2011 on average was 80.11%, while in 2012 it was significantly lower, approximately 22.76%. Total germination in the favorable year was 85.72%, while in the hotter and dry 2012 it was only 27.97% [4].

For both years, the greatest value of both germination energy and total germination was recorded at the locality Ostojićevo (55.96%, and 60.46%, respectively). When the application of different types of fertilizers is in question, on average both years, the highest value of germination energy was obtained by pre-sowing application of biofertilizer *Bactofil B-10*, while the highest value of total germination was achieved on control plots (60.29%), followed by *Bactofil B-10* (60.08%).

In the studies that we carried out in order to evaluate the efficacy of preparations based on *Bacillus* (*Bacillus subtilis* FZB24 and RhizoVital 42 L) on germination energy, we concluded that it increased by 3% and 8%, respectively, in comparison to the control (73.8%). However, this was not statistically significant. The total germination increased by 1% and 5%, respectively, in comparison to the control (77.2%), but it was not significant either [5].

Table 10. Germination energy and total germination of annual caraway seed depend on weather conditions, locality and fertilizer

		Germination energy	Total germination
Year (A)	2011	80.11	85.72
	2012	22.76	27.97
Locality (B)	Mošorin	50.48	53.83
	V.Radinci	47.88	56.25
	Ostojičevo	55.96	60.46
Fertilizer (C)	Control	51.58	60.29
	Slavol	51.04	55.54
	<i>BactoFil B-10</i>	53.25	60.08
	<i>Royal Ofert</i>	51.79	56.88
	Vermicompost	50.92	55.54
	NPK	50.04	52.75
Significance of F-test for each source of variation			
	A	1.36	1.39
	B	1.67	1.71
	C	2.36	2.41
	AB	3.33	3.41
	AC	ns	2.41
	BC	ns	4,18
	ABC	ns	ns

ns – not significant

7.

Caraway growing technology

This chapter is divided into several parts which are important for the growing technology of caraway: (1) crop establishment, which deals with the selection of soil and previous crop, primary processing and fertilizer, as well as seed and sowing, (2) crop care, which is significantly different for annual and biannual caraway, as well as pests and diseases and (3) harvest, yield and cost production, as well as postharvest processing of caraway fruits. Details of caraway productions in field conditions are shown in picture 9.

Picture 9. Caraway production in field conditions: A) Caraway row formation, Б) Steam elongation, В) Caraway flowering, Г) Fruit formation in first order umbels, Д) Green fruit phase, Ё) Maturation (see page 37).

7.1. Crop establishment

Soil. Caraway can be successfully grown on different types of soil, but it favors lax, deep, moderately humid and fertile soil such as clay-sandy soil, chernozem and structural cambisol soil type. Soil which retains water, as well as sandy and acid soil are not suitable for growing caraway [111].

Previous crop. The best previous crops for caraway are fertilized crops, especially root and tuber crops and vegetables. Leguminosae and plants furrowed for the purpose of making green manure are also good previous crops. Caraway should not be sown after plants from the same family, or on the soil affected by flowering plant dodder. However, grains are not good previous crops for caraway, but caraway is a good previous crop for grain because it is an early harvest crop, so it leaves enough time for pre-sowing processing and sowing for winter type cereals. Caraway can be sown at the same place after four years.

Primary processing. Primary processing should be carried out in autumn, on maximum depth depending on arable layer, preferably 25–30 cm. The use of chisel plough is recommended on deep soil. After primary processing, the soil should be left in the open furrows during the winter.

Fertilization. Caraway needs a lot of nutrients, and because of this, the fertilization should be adjusted to soil fertility analysis. Caraway responds positively to the application of the chemical as well as organic fertilizers [2; 3].

Pre-sowing processing. Early in spring, furrows should be closed using a harrow (in order to eliminate the lumps) and leveled by a roller (in order to prevent loss of soil moisture by capillarity and perform more precise sowing).

Seed and sowing. Caraway is propagated by sowing seeds directly in the field. Early in spring, during March, caraway should be sown, at row spacing 30–40 cm, with 80–100 seeds per meter in a row. Sowing rate usually ranges from 10 to 12 kg/ha. Seeds are sown almost on the soil surface (up to 2 cm). Therefore, to speed up the germination and plant sprouting, the surface of the soil should be rolled after sowing. Under favorable conditions, seeds germinate after 18 to 25 days. This applies both to annual and biennial varieties.

There is data which shows that biannual caraway can be sown in late summer (August–September), and that it develops the aboveground parts which winter. Next year early in spring, plants flower and develop the fruits. By sowing in autumn, the occupation of the land for the period of two years is avoided.

Intercropping. Caraway can be cultivated by the sowing in the cover crop, usually winter barley, which is sown with a low density, in order not to suppress young caraway plants. Caraway is sown in the barley crop transversely to the direction of rows. After the barley harvest, caraway crop cares are applied (fertilization and hoeing). In addition, caraway can be grown together with garden poppy, pea, black seed, rapeseed, coriander, dill, chamomile, flax and spinach. Contrary to barley, these plants are sown in the same row direction [88].

It should be noted that the cultivation of caraway in a mixed crop sowing rate is reduced by 20–40% compared to pure crop. When caraway is grown in mixed crop, in the first year of cultivation the benefit of cover crop is achieved, while caraway is harvested in the second year.

7.2. Crop care

Growing practices in the first year of vegetation. Growing practices in the first year of vegetation are mechanical weeding and foliar fertilization. In order to suppress weeds, usually the inter-row cultivation, hoeing and weeding are applied. The first mechanical weeding is usually done when rows appear in order to crush the crusting and destroy weed germs. The first mechanical weeding is done usually two to three weeks after the first, depending on the weed frequency.

In the first year of biannual caraway growing, 120–150 kg/ha nitrogen fertilizers are usually applied before the second mechanical weeding. This fertilization positively influences the development, because biannual caraway has slow initial growth. On the other hand, studies show that biannual caraway optimally fertilized in the first year of cultivation develops the root better, has a higher percentage of overwintered plants, and gives a higher fruit yield [124].

Growing practices in the second year of vegetation. In the second year, the vegetation period of biannual caraway starts early in spring. When vegetation starts, 150–200 kg/ha nitrogen fertilizers and inter-row cultivation needs to be applied. Caraway flowers in May and ripens in late June.

Diseases. Pathogenic and saprophytic fungi occurring on caraway lead to reduced fruit yields and damage the seed quality. By investigating caraway fruit

(seed) mycopopulations a large number of fungi is established [89; 117]. However, the most important economically are: *Septoria carvi*, *Mycocentrospora acerina*, *Phomopsis diachenii*, *Colletotrichum demantium* and *Sclerotinia sclerotiorum*. There are also powdery mildew (*Erysiphe umbelliferarum*), downy mildew (*Plasmopara nivea*), rust (*Puccinia cari-bistortae*) and leaf spot (*Cercospora carvi*). It was also found that the *Alternaria alternata*, *A. tenuissima*, *Ulocladium consortiale* and *Fusarium equiseti* are pathogenic for caraway [79; 94].

○ ***Septoria carvi* Syd.**

The fungus causes necrotic spots on leaves and stems of caraway which result in mass death of plants. These are small, necrotic lesions of 0.5 to 2.8 mm in diameter with a pale center and carmine brown halo. Infected leaves yellow progressively and small single black points occur, which represents pycnidia. Conidia are elongated, hyaline, slightly curved. *S. carvi* commonly colonized the umbels and shizocarps causing the death of the former and diminishing or scattering of the later. The colonies on PDA medium are soft, velvety, olive green with small margins. There is no information on the perfect stage of this fungus [74; 129].

○ ***Mycocentrospora acerina* Hartig**

This fungus is a soil borne pathogen. The caraway root aphid (*Pemphigus passeki* Börner) may damage caraway roots and provide points of entry to *M. acerina*. When chlamidospores infect caraway root, lesions appear on it, spread quickly in the form of decayed rings. As the caraway root is relatively thin, the disease is progressive and develops rapidly leading to liquorices of the whole root. In biannual caraway, the fungus overwinters in the root (because of the reduced physiological activity of the root during the winter) and in spring continues to develop [42].

○ ***Phomopsis diachenii* Sacc.**

Symptoms occur on the root and stem basis as lesions. This fungus appears on leaves, umbels and fruits. Infection occurs at the flowering stage and then the umbels become partly discolored. The infected parts of such umbels do not develop further and remain sterile. If umbel infection occurs at the later stage of development, even the unripe fruits being formed die. Infection of ripe fruit causes the reduction of seed germination by 60 to 90%. In addition, necrosis is visible on a large number of germs. Symptoms on the leaves appear as small brown dots with a diameter of 0.5 mm at the top of the leaves. Necrosis develops progressively on the leaf basis, and the leaf dies. The colony is white gray, and from bottom side is brown-gray to brown-black. Pycnidia are black, and form in mycelia, α conidia is an oval one cell, while β conidia is filiform to hamate [73; 76; 96].

○ ***Colletotrichum demantium* Fr.**

This fungus inhabits the aboveground part of the plant, mainly leaves, stem and umbels.

However, the plant disease symptoms are not apparent. The presence of this fungus in the seed reduces germination of caraway seeds by 25–30%, while necrosis is visible on germs. The fungus forms a dark gray, almost black, velvet mycelia [75; 128].

○ *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary

Sclerotia of this fungus is in the soil, and in favorable humid conditions, the fungus spreads by ascospores formed in apothecia. Symptoms occur on the aboveground parts of the plant in the form of lesions with liquorices tissue, which become dark, and after ten days from the appearance of symptoms plants die. In conditions of high humidity and temperatures between 15 and 21 °C, white fluffy mycelium may develop [43].

Apart from fungus, there are several viruses and bacteria on the caraway. Important viruses are: Caraway latent virus (CwLV), Caraway yellow mottle virus (CwYMtV), Celery mosaic virus (CeMV) and Tobacco rattle virus (TRV). While *Pseudomonas* spp., *Xanthomonas* spp. and *Erwinia* spp are bacteria which occur in caraway.

Insects. The most dangerous caraway pests are caraway moth and caraway gall mite. In addition, caraway crop can be attacked by aphids (*Cavariella aegopodii* Scop. and *Dysaphis crategi* Kalt.), as well as caraway root aphid (*Pemphigus passeki* Börner), and capsids (*Lygus campestris* L. and *L. kalmi* L.).

○ Caraway moth (*Depressaria nervosa* Haworth)

Adult insects are 10–12 mm long and with a wingspan of 20–25 mm. Wings are brown-white with brown longitudinal and transverse strips. Females lay eggs in the folds of leaves. The caterpillar is 15–20 mm long, deep grey to black with an array of black warts with white brims and a yellow streak alongside the body. Firstly, the caterpillars feed on leaves, and as the plant grows, the caterpillars go to the umbels, spin webs, destroy flowers and disable fruit formation. The completion of feeding coincides with the ripening of caraway fruits, so caterpillars move down, eating through the stem and making the pupa. Adult insects appear 2–3 weeks after that, in July or later, and go to winter (under the bark of trees, crop residues, in silos). The pests can reduce yields of caraway by 50%.

○ Caraway gall mite (*Aceria carvi* Nal.)

This pest is nearly invisible to the naked eye. Caraway can be damaged in both years of the vegetation. *A. carvi* overwinters hidden within leaves of young caraway plants, and during March start feeding. Attacked leaves are covered with bright small spots, and due to a strong attack leaves become wavy and distorted and die. In April, the females lay their eggs on the bottom side of the leaves. Pupae that emerges from the eggs, two weeks later transforms into an adult. Several generations can develop during one season. After the appearance of flowers, mites and migrate to them, and they consequently change color to pink or greenish and fully degenerate.

7.3. Harvest

Harvest. The caraway fruits ripen unevenly. The most suitable time for harvesting caraway is when the fruits begin to brown, i.e. when 65–75% fruits are at the stage of wax ripeness. In the biannual caraway it is usually in late June, and in annual caraway in late August or early September. Harvesting is done early in the morning when the crop is still covered by dew in order to reduce shattering.

Yield. The yield of caraway varies on a large scale. The yield of biannual caraway, when grown as sole crop, is 1000–1200 kg/ha of fruit, while in an intercropping system the yield is 700–1000 kg/ha. Annual caraway gives a smaller yield in comparison to biannual.

Cost calculation. According to experts from the Institute of Medicinal Plants “Dr. Josif Pančić” caraway production costs amount to 490 €, and where the planned yield of 800 kg/ha and the purchase price of 1.5 €/kg can make a profit of about 710 €/ha [34].

Postharvest processing. Essential oil is obtained by distillation of caraway fruit. The average yield of essential oil is 10 to 12 kg/ha. Oil cakes remain after the distillation of essential oils. They are rich in protein and oil, but due to the high fiber content can be used exclusively for the feeding of ruminants.

8.

Cumin (*Cuminum cyminum* L.)

Cumin or jeera (*Cuminum cyminum* L.) is a plant from Apiaceae family (Umbelliferae) originating from the eastern Mediterranean (Egypt and Syria). India is the largest producer of this plant with the production of above 176.000 t per year on around 410.000 ha [95].

Cumin is a traditional Indian spice with a pungent odor and peppery taste. It is one of basic compounds of curry powder and gram masala, it is used as a spice in salads, baked goods, pottage, rice, legumes and dairy products. It is also used as a spice for meat, both stew and roasted, especially lamb and chicken [20].

8.1. Morphology

Cumin is a short, annual plant. Leaves are acerose, blue-green. Flowers are small, pink congregated in small umbeliferous formations. The fruit is a shizocarp which spontaneously separates into two yellow-brown mericarps, 4–5 mm long. On the fruit there are nine ribs visible, between which are channels with essential oil (vittae).

The average height of the cumin plants cultivated in Mošorin was 18.5 cm, and varied between 16 and 21 cm [10]. Research in Iran determined that plant height ranged from 15.29 to 24.42 cm depending on the ecotype [97]. By assessing the effect of the He–Ne laser application on the morphological parameters of cumin plants, it was established that this method can increase the plant height from 18.25 cm (control) to 32.59 cm [39].

Cumin plants grown in Mošorin formed 11 to 17 umbels. On average, one plant formed 13 umbels. Investigations carried out in India indicated that plants formed 9.80 to 20.10 umbels with the application of different fertilizers [113]. In Iran, plants formed a significantly large number of umbels, between 28.24 and 42.34 depending on the dose of nitrogen fertilizer and plant density [16].

The diameter of cumin umbels on average was 2.75 cm. It is usually stated that the diameter of the umbel is 3.5 cm, and that it comprises of 5–7 umbellets. Cumin plants of the trial formed 19.33 fruits in the umbel on average. In a study with nine ecotypes of cumin from Iran this parameter ranged from 13.75 to 15.50 [84], while in India it was established that cumin plants formed from 18.25 to 23.14 fruits in the umbel depending on the type of fertilizer [80].

8.2. Chemical composition and use

The cumin fruit, as well as caraway, is the main part of the plant (*Cumini fructus*). Essential oil content in cumin fruits from India, which we used as seed material, was 3.32%. In fruits grown in Serbia essential oil content was higher, 5.31% [10]. The literature states that the essential oil content in cumin fruits generally varies from 2.5 to 4.5% [86]. However, by using modern scientific methods in agricultural production, such as He-Ne laser, the yield of essential oil can significantly increase, from 3.82% in control, to 9.17% obtained when the seeds were exposed to this laser in wet conditions for 20 minutes before sowing [39].

In the essential oil of cumin fruits from India, which we used as seed material, 19 components were identified, while in the essential oil of fruit grown in Serbia a significantly higher number (30) was established. The chemical composition of both investigated samples is shown in the table 11.

Table 11. The chemical composition of the essential oil of cumin fruits grown in India and Serbia

Compound	RT	RI	India	Serbia
α -thujene	5.588	926	0.2	0.3
α -pinene	5.779	933	0.8	0.8
sabinene	6.861	973	0.8	1.0
β -pinene	6.980	977	16.7	16.6
myrcene	7.345	991	0.6	1.0
α -phellandrene	7.811	1006	tr	tr
δ -3-carene	8.008	1011	nd	tr
α -terpinene	8.215	1017	nd	tr
<i>p</i> -cymene	8.633	1023	4.9	9.3
β -phellandrene	8.723	1027	0.3	0.5
1,8-cineole	8.763	1031	0.1	0.1
γ -terpinene	9.724	1059	11.8	12.8
<i>cis</i> -sabinene hydrate	10.031	1062	nd	tr
terpinolene	10.858	1088	nd	tr
<i>trans</i> -sabinene hydrate	11.228	1099	nd	tr
<i>trans</i> -pinocarveol	12.905	1038	nd	tr
pinocarvone	13.923	1161	nd	tr
UI	14.063	1162	nd	0.1
UI	14.128	1163	nd	0.1
terpinene-4-ol	14.558	1176	nd	tr
1,3-ciclohexadiene-1-methanole, 4-(1-methyl,methyl)	15.275	1194	0.4	0.4
cuminaldehyde	17.349	1241	26.2	24.5
α -terpinene-7-al	19.253	1284	6.8	5.5
γ -terpinene-7-al	19.623	1292	30.2	26.8
<i>p</i> -metha-1,4-diene-7-ol	21.269	1331	tr	0.1
daucene	23.519	1381	tr	tr
<i>trans</i> -caryophyllene	25.243	1422	0.1	tr
<i>trans</i> - β -farnesane	26.859	1461	tr	0.1
10- <i>epi</i> - β -acoradiene	27.598	1478	nd	tr
carotol	32.633	1601	0.1	tr
Number of identified compounds			19	30

UI–Unidentified Compound, tr–compound present with less than 0.1%, nd – not detected

The major components in the essential oil of cumin from India and Serbia were γ -terpinen-7-al (30.2% and 26.8%, respectively), cumin aldehyde (26.2% and 24.5%), β -pinene (16.7% and 16.6%), γ -terpinene (11.8% and 12.8%) and α -terpinene-7-al (6.8% and 5.5%). All other components were present with less than 1%. A typical chromatogram of the essential oil of the fruit of cumin is shown in Picture 10.

Picture 10. A typical chromatogram of the cumin fruit essential oil (see page 43)

According to the results of other authors in the essential oil of cumin fruits from India the dominant compounds were α -pinene (29.1%), limonene (21.5%), 1,8-cineole (17.9%) and linalool (10.4%) [45]. In the essential oil of cumin from Tunisia the dominant compounds were γ -terpinene (25.58–34.16%), cumin aldehyde (13.22–23.53%), β -pinene (9.72–16.33%) and 1-phenyl-1,2-ethanediol (8.25–23.16%) depending on the water availability during the growing season [21].

In the research conducted with cumin plants grown in Serbia during 2014, it was found that fruits contain 8.39% fatty oils, where the mixture of oleic and palmitic acids (C18:1) had the highest ratio (59.33%), followed by linoleic (C18:2) with 26.95%. A typical chromatogram of the cumin fruit fatty oil is shown in Picture 11.

Picture 11. A typical chromatogram of the cumin fruit fatty oil (see page 43)

The content of fatty oil from the cumin fruits grown in Pakistan was 20.42%, while samples originating from Tunisia contained 17.77% fatty oil, and from India 15.40% [20; 110]. In cumin from Pakistan most common fatty acid was oleic (65.87%), followed by linoleic (18.67%) and palmitic (11.69%). In samples from Tunisia and India, petroselinic acid was dominant with 55.90% and 41.42%, followed by palmitic and linoleic.

In Indian folk medicine, cumin is used as a diuretic, to treat the stomach and against flatulence. Studies have established that cumin protects the kidneys from damage. Based on traditional Indian recipes commercial plant based formulations were made for treating kidney stones [33; 77]. Studies have established that the strong and distinct smell that cumin has enhances the secretion of saliva in the mouth and other digestive enzymes thus stimulating the appetite and helping the digestion of food [81; 87]. Apart from this, cumin relaxes smooth muscles of the stomach and decreases spasms [32].

More recently, it has been discovered that this plant has a high pharmacological activity. This primarily relates to the antimicrobial and antioxidant properties, then the anticancer and immunomodulatory activity [20; 28; 45; 52; 87]. Cumin can be successfully used to treat diabetes and epilepsy [54; 56].

8.3. Environment and cultivation

The vegetation period of cumin in agro-ecological conditions of Serbia lasted 98 days. The seed germinated after three weeks. A month after germination, the plants began to flower. The flowering lasted a month, after which the maturation period started and it lasted three weeks. The growth and development of cumin plants cultivated during 2014 on experimental field in Mošorin are shown in Picture 12. Cumin is a plant with short vegetation period, which lasts from 70 to 91 days. In growing conditions in Iran, the period from sowing to germination lasts from 10 to 17 days, while from germination to 50% flowering cumin needs 44 to 54 days, and the period from flowering to harvest lasts 16–19 days [82]. In our climatic and soil conditions the growing period lasted a little longer (7 days) and all phenological phases were a couple days longer than the specified values recorded in Iran.

Picture 12. Growth and development of cumin plants (see page 44)

Cumin is mostly grown in the arid and semi-arid regions, on sandy soil. In this area, the soil is usually poor in nutrients, therefore the obtained yield is significantly increased by using mineral and organic fertilizers [15].

In Iran, cumin is usually sown during the winter (November to March) [98]. In agro-ecological conditions of Serbia, cumin is sown in early April, which is the optimal time for sowing most plants from the Apiaceae family in this area.

Research in Iran indicates that the best results are achieved when the density of plants ranges from 120 to 150 plants per square meter, or with row spacing of 20 cm and 2.5 to 3.0 cm between plants in a row [16; 104].

Cumin fruit yield ranges from 400 to 1000 kg/ha [16; 118], while the essential oil yield obtained by hydrodistillation is between 6.6–20.1 l/ha [65; 78].

9.

Index of terms

- Aceria carvi* 91
- agro-ecological growing conditions 96
- antimicrobial activity 78
- antioxidative activity 78

- Carum carvi* L. 65
- Carvi aethroleum* 71
- Carvi fructus* 71
- carvone 72
- chromatogram 72, 75
- Colletotrichum demantium* 90
- crop care 89
- Cuminum cyminum* L. 93

- Depressaria nervosa* 91
- digestive system 76
- diseases 89

- essential oil 71
- excretion system 78

- fatty acid
 - linoleic 95
 - oleic 95
 - palmitic 95
 - petroselinic 95
- fatty oil 75
- fertilization 88

- growing conditions 80
- growing technology 88

- harvest 92
- hyperglycemia 77
- hyperlipidemia 77

- limonene 72

- monoterpenes 72
- morphological characteristics 66
- Mycocentrospora acerina* 90

- nervous system 78
- number of
 - fruits per umbel 69
 - umbels per plants 67

- Oleum carvi* 75

- phenological stages 80
- Phomopsis diachenii* 90
- plant height 67
- previous crop 88
- primary processing 88

- Sclerotinia sclerotiorum* 91
- Septoria carvi* 90
- sesquiterpenes 73
- sowing 89

- thousand fruit mass 69
- trans-carveol* 72
- trans-dihydrocarvone* 72

- umbel diameter 68
- use 76

- yield 92

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

635.75

АЋИМОВИЋ, Милица, 1981-

Ким (*Carum carvi* L.) / Милица Аћимовић. - Београд : Задужбина Андрејевић, 2016 (Београд : Instant system). - 98 стр. : илустр. ; 24 cm. - (Библиотека Dissertatio, ISSN 0354-7671 / [Задужбина Андрејевић] ; 353)

Насл. стр. приштампаног превода: Caraway (*Carum carvi* L.). - Упоредо срп. текст и енгл. превод. - Тираж 500. - Регистар. - Библиографија: стр. 47-55

ISBN 978-86-525-0252-3

а) Ким

COBISS.SR-ID 221016076

Др Милица Г. Аћимовић (рођ. Бабић) рођена је 1981. године у Новом Саду. На Пољопривредном факултету Универзитета у Новом Саду стекла је звања дипломираног инжењера пољопривреде (2005) и магистра пољопривредних наука (2008). Диплому доктора биотехничких наука стекла је на Пољопривредном факултету Универзитета у Београду (2013). Учествовала је на великом броју научних и стручних скупова у земљи и иностранству. Ауторка је више од 80 радова објављених у домаћим и међународним часописима, поглавља у монографији „Органска пољопривреда“ (2008), као и две монографије „Коријандар (*Coriandrum sativum* L.)“ (2014) и „Анис (*Pimpinella anisum* L.)“ (2015). Област научног интересовања: производња лековитог, ароматичног и зачинског биља у систему органске пољопривреде.



..., *Монографија даје савремени приказ кима (*Carum carvi*), једне од најинтересантнијих биљних врста нашег подручја. По први пут на нашем језичком подручју дат је свеобухватан преглед својстава у употребе кима у медицини, ветерини, пољопривреди. Монографија је првенствено намењена истраживачима који се баве производњом лековитог биља као и онима који желе да прошире своја знања о овој лековитој биљци.*“ ...

..., *Резултати истраживања недвосмислено указују на значај широке могућности примене плода кима (*Carvi fructus*) као зачина и сировине у фармацеутској индустрији. На прегледан и концизан начин пружен је велики број података и резултата који залазе у различите научне дисциплине. У раду су изнети интересантни подаци о примени кима од праисторије до модерног доба са посебним освртом на фитотерапијску примену ове биљке која се базира на народној медицини. Монографија садржи и податке који су резултат дугогодишњег научног и стручног рада и искуства ауторке.*“ ...

*Проф. др Наташа Милић
Др Љиљана Костадиновић,
научни сарадник*

