



БИБЛИОТЕКА
DISSERTATIO

Др Милица Аћимовић

Коријандар (*Coriandrum sativum* L.)

Coriander (*Coriandrum sativum* 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**
Др Милан С. Димитријевић, научни
саветник, председник
Проф. др Васо Антуновић,
потпредседник
Проф. др Боривој Лазић
Проф. др Горан Чобелић
Проф. др Гордана Јовановић
Проф. др Гордана Станковић
Проф. др Драган Игњатовић
Проф. др Драган Рудић
Проф. др Душан Мићић
Проф. др Живан Максимовић
Проф. др Милица Вујичић
Проф. др Милош Д. Павловић
Проф. др Миодраг Бајић
Проф. др Мирослав Копечни
Проф. др Ружица Николић
Проф. др Силвана Петровић
Проф. др Славица Ђукић Дејановић
Проф. др Томислав Ранђеловић

Аутор
Др Милица Аћимовић
Коријандар (Coriandrum sativum L.)

Оцена научног дела
Проф. др Зора Дајић Стевановић

Рецензенти
Др Снежана Павловић, научни
сарадник
Др Владимир Филиповић, научни
сарадник

Уредница
Татјана Андрејевић, проф.

Лектура
Кристина Цветковић

Графичка припрема
Хелена Митић

Насловна страна
Coriandrum sativum L.

Штампа
Instant system, д.о.о. Београд

Тираж
500 примерака
ISSN 0354-7671
ISBN 978-86-525-0167-0

БИБЛИОТЕКА DISSERTATIO

Др Милица Аћимовић

Коријандар (*Coriandrum sativum* L.)



Задужбина Андрејевић
Београд, 2014.

*Мами, за помоћ у истраживању ове биљке,
за пружену љубав и подршку.*

Садржај

1.	Сажетак	7
2.	Увод	8
3.	Морфологија и класификација	10
3.1.	Морфолошки опис биљке	10
3.2.	Морфолошки опис плода	16
3.3.	Класификација	18
4.	Хемијски састав и употреба	21
4.1.	Количина етарског уља	21
4.2.	Хемијски састав етарског уља	23
4.3.	Масно уље	27
4.4.	Употреба коријандра	29
5.	Фенолошке фазе и агроеколошки услови успевања	30
5.1.	Фенолошке фазе	30
5.2.	Утицај временских услова на фенолошке фазе	32
5.3.	Утицај временских услова на жетвени индекс	38
6.	Технологија производње коријандра	39
6.1.	Избор земљишта и предусава, основна обрада и ђубрење	39
6.2.	Семе и сетва	41
6.3.	Нега усева	43
6.4.	Жетва, принос, прерада и калкулација производње	46
7.	Индекс појмова	48
8.	Литература – References	49

1.

Сажетак

У овој монографији приказан је коријандар као лековита, ароматична и зачинска биљка, која широм света има широку примену не само у традиционалној и модерној медицини већ и у свакодневној исхрани као зачин и поврће.

У монографији су дате информације о имену биљке, пореклу и историји, као и о њеним морфолошким карактеристикама. Дата је и систематика која се заснива на морфолошким карактеристикама и карактеристикама етарског уља из плодова коријандра.

У монографији је детаљно анализиран садржај етарског уља које је одговорно за специфичан мирис коријандра. Етарско уље је, у ствари, смеша лако испарљивих једињења, чији састав је другачији код зелене биљке и зрелог плода, што је последица другачијег хемијског састава, коме је посвећена посебна пажња. Обрађени су и фактори који утичу на количину и састав етарског уља. Поред етарског уља, дат је приказ и других једињења присутних у овој биљци као што је масно уље, којег има значајно више од етарског, и значајан је извор петроселинске киселине.

Монографија се бави и анализом агроколошких услова успевања ове биљке, и фенолошким фазама, али и потребама за топлотом, влагом и светлошћу кроз развојни циклус.

Како се као сировина искључиво користи гајена биљка, у овој монографији је детаљно описано гајење коријандра, при чему је нарочита пажња посвећена плодореду, обради земљишта и ђубрењу како у конвенционалном тако и у органском систему ратарења. Пошто се коријандар размножава искључиво директном сетвом, анализирани су време сетве, сетвена норма и квалитет семенског материјала (енергија клијања и укупна клијавост), као и могућности здруживања коријандра са другим биљкама. Нега усева, болести и штеточине заузимају значајно место у овој монографији. Жетва, принос и прерада такође су тема, као и калкулација производње.

У монографији су приказани ауторски резултати, као и резултати већег броја истраживача који су проучавали све аспекте коријандра, тако да ова монографија може да пружи значајне информације о овој биљци другим научницима.

Кључне речи:

- | | |
|------------------------------|--------------------|
| 1. морфолошке карактеристике | 5. услови успевања |
| 2. етарско уље | 6. гајење |
| 3. употреба | 7. болести |
| 4. фенолошке фазе | 8. штеточине |

2.

Увод

Coris је старогрчко име за стеницу, на чији мирис подсећају зелени делови биљке и незрели плодови коријандра (*Coriandrum sativum* L.). За разлику од зелене биљке, зрео плод има веома топао зачински мирис сличан мешавини цимета и бибера.

На основу античке литературе и археоботаничких налаза претпоставља се да је коријандар пореклом са Блиског истока (најстарији плодови коријандра откривени су у пећини Нахал Хемар у Израелу, а датирају од 6000 године пре нове ере) [140]. Исти извор наводи да су и антички Египћани познавали и ценили ову биљку. То доказују налази плодова коријандра у Тутанкамоновој гробници, као и многим другим из тог периода.

Претпоставља се да су Јевреји знали за коријандар пре доласка у Египат, јер се помиње у Старом завету (Књига изласка). Међутим, први писани подаци о употреби плодова коријандра у лековите сврхе датирају из Еберсових папируса (1550 година пре нове ере).

У грчким и римским списима такође се помиње ова биљка. Сматра се да су је Римљани раширили по Европи. Међутим, у поређењу са неким другим биљкама, има мање навода о томе да је коријандар гајен у античко време, иако је гајење ове биљке било раширено у Старом свету од најранијег времена.

У средњем веку коријандар је био веома популаран. Стављали су га у љубавни напиток, у колаче (тзв. кориандроли) и ушећерене семенке су се жвакале за освежавање даха. Био је врло чест у енглеској кухињи све до ренесансе, кад почиње већа употреба егзотичних зачина.

Једна од најзанимљивијих легенди о овој биљци односи се на Бородинску битку, када су се на бојном пољу судариле две огромне војске – француска и руска. Жена генерала Кутузова одлучила је да руским војницима подигне борбени морал, те је наредила да се испече хлеб са семенкама коријандра (тзв. *Бородинскиј* хлеб). Да ли због чудесног мириса свеже печеног хлеба који сваког човека подсећа на дом или због велике храбрости и непоколебљивости руских војника, француска армија потпуно је поражена, а бородински хлеб је постао својеврсни симбол љубави према отаџбини.

Данас се коријандар гаји у скоро свим пољопривредним подручјима, са изузетком тропских региона који су неповољни за сазревање плодова и тамо се ова биљка гаји као поврће (нпр. Куба). Међутим, он није усеј од великог комерцијалног значаја, јер се углавном гаји у баштама, стога је обим његове производње тешко проценити. Ипак, процена је да се коријандар у свету гаји на око 550.000 ha годишње и да је његова производња око 600.000 t [36].

Интерес за гајење коријандра расте, нарочито у развијеним земљама, где се људи све више окрећу алтернативним начинима лечења, на првом месту традиционалној медицини, која је готово нестала током индустријализације. У данашње време, савременим научним методама, потврђена су бројна лековита својства ове биљке, те она врло брзо налази своје место у животу људи, као зачин, лек или функционална храна.

3. Морфологија и класификација

У овом поглављу дат је детаљан опис биљке и плода коријандра са сликама. Поред тога, дат је приказ и шест морфолошких карактеристика (висина биљака, број штитова по биљци, пречник штитова, број семена у штиту, маса 1000 семена и димензије семена), које смо пратили током 2011. и 2012. године на три огледна поља у Војводини. У овом поглављу приказана је и новија класификација коријандра која се, за разлику од старе засниване само на величини плода, базира и на морфолошким карактеристикама и карактеристикама етарског уља.

3.1. Морфолошки опис биљке

„Коријандар ($2n = 22$) јесте зељаста биљка са осовинским кореновим системом. Стабло је усправно, изобразано, зелене боје, а понекад може да се уочи појава антоцијана током периода цветања. Стабло одрасле биљке је шупље, у базалном делу промера до $2 \text{ cm}^{\text{“}}$ [4, стр. 9]. Стабло се грана симподијално, што значи да главна осовина не расте стално врхом, већ завршава раст доношењем цвасти (примарни штит), па једна од бочних грана преузима правац растења главне осовине док и она не формира цваст (секундарни штит), и то се стално понавља током раста биљке (при чему се образују штитове вишег реда), а свака грана се завршава цветом. Висина стабла у периоду цветања биљака је од 20 до 130 cm.

У истраживањима која смо ми извели током две године (2011/12) на три локалитета у Војводини (Мошорин, Велики Радинци и Остојићево) и при примени шест различитих врста ђубрења (контрола, Славол, Бактофил, *Royal Ofert* биохумус, глистењак и хемијско NPK ђубриво), висина биљака се кретала од 57,83 cm до 102,17 cm. Може се констатовати да су сви испитивани фактори имали статистички значајног утицаја на овај параметар, што је приказано у табели 1.

Установљено је да је година значајно утицала на висину биљака. Током обе испитиване године, укупна количина падавина на територији Војводине у току вегетационог периода (април–септембар) била је око 240 mm. Међутим, током 2012. у пролећном периоду (март–мај) забележене су нешто веће температуре од просечних и већа количина падавина од уобичајених, па је установљена и значајно већа просечна висина биљака (83,45 cm) у поређењу са 2011. годином (72,24 cm), када је прилив падавина у току пролећних месеци био знатно мањи од уобичајеног.

Испитивањем великог броја узорака коријандра, такође током двогодишњег периода, установљено је да је у години са мање падавина и

умереним температурама висина биљака била нижа у поређењу са влажном годином, али са вишим максималним температурама [76], што је идентично нашим закључцима. У истраживањима у Италији, висина биљака се у зависности од климатских услова кретала од 58,3 cm (веома сушна година) до 88,8 cm (година са просечном количином падавина за регион гајења), док се у другом истраживању истих аутора висина биљака кретала од 92,9 cm до 122,2 cm у просечној, односно у години са продуженом вегетацијом због ниских температура и велике количине падавина. У многобројним истраживањима у Ирану резултати показују да суша има значајан негативни ефекат на висину биљака [45, 47, 111].

Примећене су значајне разлике у висини биљака у зависности од локалитета. Највише биљке забележене су на локалитету Мошорин (90,47 cm), а најниже у Остојићеву (63,41 cm). Локалитет на коме се биљке гаје може имати врло значајну улогу у формирању висине због разлика у типу земљишта али и микроклиматских услова. Истраживања указују да фосфор има значајног утицаја, јер се применом 93 и 112 kg P₂O₅/ha постиже највећа висина биљака [92]. Ово се може довести у везу са чињеницом да је количина фосфора у земљишту на локалитету Мошорин 81,6 mg/100 g земљишта.

„У нашим огледима, и примена различитих врста ђубрива је значајно утицала на висину биљака. Најниже биљке забележене су на контроли, и примена свих испитиваних ђубрива осим глистењака значајно је утицала на овај параметар“ [4, стр. 133].

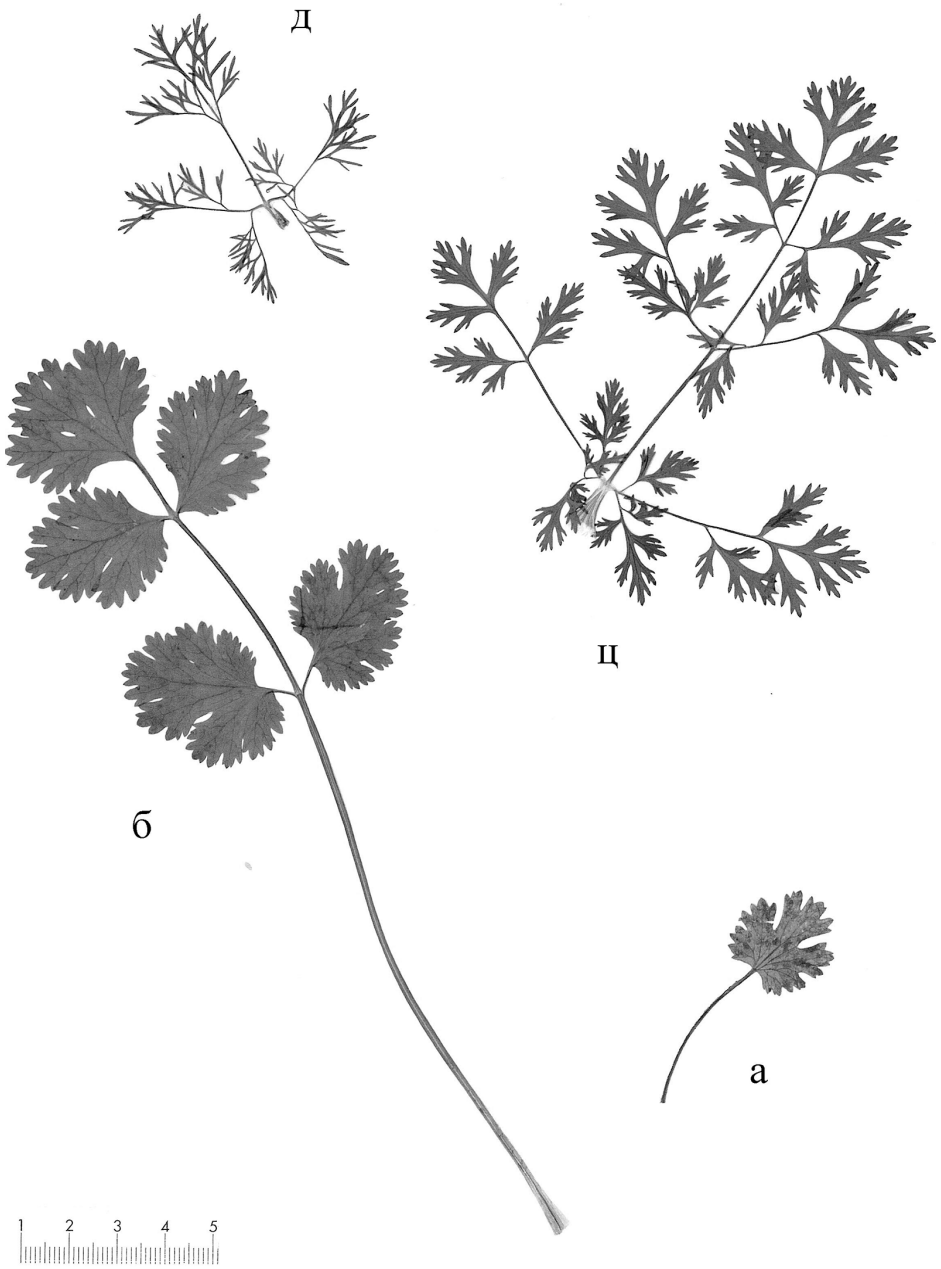
Бројним истраживањима установљен је позитиван утицај азота на висину коријандра. Такође, комбинација азотног ђубрива са биофертилизаторима и стајњаком даје позитивне ефекте на висину биљака. У литератури је забележено да и примена живинског ђубрива повећава висину биљака [15, 42, 61, 127].

Хетерофилија код коријандра је веома изражена. Први прави лист је округласт, грубо назубљен и плитко урезан на горњој трећини (слика 1а). Листови који образују розету су на дугим лисним дршкама, прости, тестерастог облика, обично подељени на три лобуса (слика 1б). Листови на цветоносном стаблу су издељени у већем степену (слика 1ц). Вршни листови су сићушни, ланцетасти или чак редуковани кончасти (слика 1д).

Цваст је сложен штит (слика 2), који се састоји од већег броја штитића (слика 3а). Ти штитићи се налазе на дршкама које су различите дужине, тако да су сви цветови на истом нивоу. Обично се број штитића у штиту креће од 2 до 8, али њихов број значајно варира у зависности од еколошких услова.

У нашим огледима, установили смо да једна биљка може да образује од 20,50 до 36,84 штитова. На овај параметар значајно су утицали сви испитивани фактори (услови године, локалитет и примењено ђубриво) (табела 1).

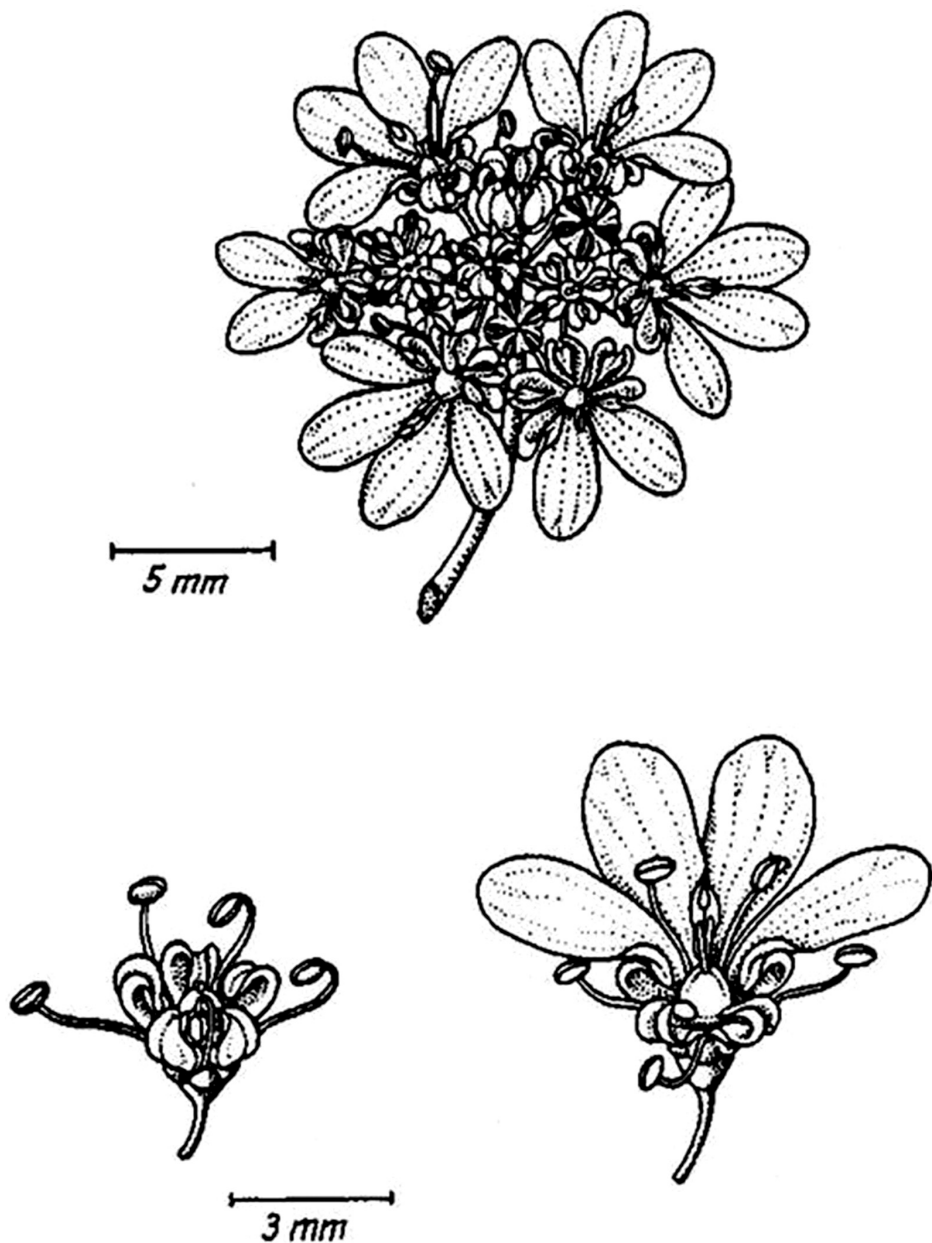
У 2011. години биљке су образовале значајно више штитова (29,49) у поређењу са 2012. годином (26,42 штитова по биљци). Ово се може објаснити чињеницом да су у току 2012. падавине углавном биле концентрисане у пролећним месецима, када су биљке биле у вегетативним фазама развоја, међутим, када су наступиле генеративне фазе (цветање, формирање плодова и сазревање), јавио се недостатак падавина праћен високим температурама (у 2011. забележена је за 1,6°C већа температура у односу на вишегодишњи просек, а у 2012. за 2,4°C, а број дана са температурама преко 35°C у 2011. био је 5, док је у 2012. било чак 16 оваквих дана). Ово је негативно утицало на формирање цветова коријандра. Да услови године значајно утичу на број штитова по биљци установили су и други аутори [27, 28].



Слика 1. Листови коријандра а) први прави лист, б) лист лисне розете, ц) лист на цветоносном стаблу, д) вршни лист)



Слика 2. Цваст коријандра



Слика 3. Штитић а), централни б) и периферни цвет ц) [36]

Утицај локалитета на број штитова по биљци доводи се у везу са већом количином фосфора у земљишту на локалитету Мошорин, где је добијено у просеку 33,61 штитова по биљци, док је на локалитету Велики Радинци забележено 26,87, а на локалитету Остојићево 23,39 штитова по биљци. Резултати других аутора указују да је највећи број штитова (40,5) добијен при примени највеће испитиване количине фосфора (45 kg/ha) што је за око 40% више у поређењу са контролом [60].

Када је у питању утицај примене различитих врста ђубрива на образовање броја штитова по биљци, може се рећи да су при примени хемијског NPK ђубрива биљке образовале у просеку 29,29 штитова што је било статистички значајно повећање у поређењу са контролом, где су биљке образовале 27,11 штитова.

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

		Висина биљака (cm)	Број штитова по биљци	Пречник штита (cm)	Број плодова у штиту
Година (А)	2011	72,24	29,49	4,25	40,33
	2012	83,45	26,42	4,14	36,17
Локалитет (В)	Мошорин	90,47	33,61	4,23	42,06
	В.Радинци	79,67	26,87	4,15	39,81
	Остојићево	63,41	23,39	4,19	32,86
Примењено ђубриво (С)	Контрола	75,61	27,11	4,11	37,34
	Славол	77,89	28,21	4,25	38,00
	Бактофил	79,02	27,74	4,17	38,28
	Royal Ofert	77,65	28,09	4,16	38,36
	Глистењак	76,84	27,30	4,23	38,65
	NPK	80,08	29,29	4,25	38,85
Значајност F-теста за сваки извор варијације					
	А	1,13	1,14	ns	1.04
	В	1,39	1,40	ns	1.28
	С	1,96	1,98	ns	ns
	АВ	2,77	ns	ns	2.55
	АС	ns	ns	ns	ns
	ВС	ns	ns	ns	ns
	АВС	ns	ns	ns	ns

ns – није значано

Поред броја штитова, пратили смо и њихов пречник, који се кретао од 3,25 до 5,75 cm. На пречник штита није утицао ниједан од испитиваних фактора, те се може закључити да овај параметар показује велику стабилност, и да је генетски условљена особина (табела 1). У истраживањима других аутора пречник штитова је варирао између 3,69 и 8,69 cm [27, 28, 29]. Ови аутори су утврдили да разлике које се јављају између година показују да су климатски услови главни фактор којим се објашњавају варијације (60%).

По симетрији цветови коријандра су актиноморфни (централни цветови у штиту) и зигоморфни (периферија цвасти). Централни цветови су округли, са малим савијеним латицама (слика 3б), а периферни су асиметрични (латице окренуте ка спољашњој страни штитића су дуже) (слика 3ц). Боја латица је бела или бледо розе.

Поред тога што су цветови у штитићу различитог облика, они су и различитог пола. Двополни цветови се налазе на периферији и у центру штитића, а између њих је један прстен мушких цветова. Код двополних цветова заступљена је протандрија (раније развијање прашника него тучка). Однос двополних и мушких цветова зависи од положаја на стаблу. На пример, у примарним штитовима однос двополних и мушких цветова је 1:0,5

и повећава се са хијерархијом цветова, па је тако у цветовима највишег реда тај однос 1:3,9. Према томе, примарни штитови садрже највећи број плодова, међутим, број плодова не зависи само од хијерархије цвасти већ и од временских услова у периоду цветања, што је већ напоменуто [141].

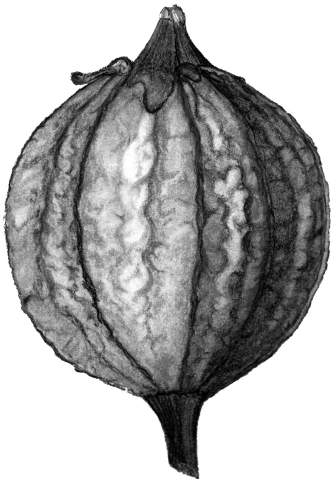
Цвет коријандра има 5 чашичних листића који окружују стилоподијум (продужетак који се назива и рука жига, и који поседују све биљке из фамилије *Ariaceae*) који је видљив и током зрења плодова. Пет чашичних листића су различитог облика, као и крунични листићи у периферним цветовима. У појединачном цвету, пет филамената су локализовани између пет круничних листића. У цвету се налази и нектарија у облику диска. Плодник је подветан, двоок, а у сваком окцу је по један семени зачетак.

Број плодова у штиту зависи од броја цветова у штиту. У истраживањима која смо ми извели током две године, установили смо да се овај параметар кретао од 26,75 до 42,88. Прегледом литературе установљено је да се број семена у штиту креће од 7,3 до 42,2, док се у огледима у саксијама са хранљивим раствором постиже знатно већа продукција плодова, чак 371,9 зрна у штиту [53, 78, 89].

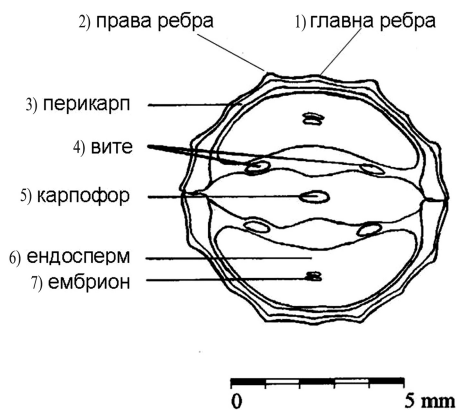
У току 2011. забележен је значајно већи број семена у штиту (у просеку 40,33) у поређењу са 2012. годином (36,17), што је такође приказано у табели 1. Поред услова године, и утицај локалитета је био изражен. Највећи број плодова у току обе испитиване године образовале су биљке гајене на локалитету Мошорин. Истраживањима других аутора установљено је да се овај параметар повећава при примени ђубрива и при наводњавању.

3.2. Морфолошки опис плода

Плод (шизокарп) округло је или овалан, жутосмеђе боје, и обично се не распада спонтано на два мерикарпа (слика 4). Два мерикарпа имају тврд перикарп који је конвексан споља док је са унутрашње стране конкаван и опнаст. Сваки мерикарп има шест лонгитудиналних, правих ребара на конвексној страни, наизменично постављених са пет таласастих, често тешко видљивих главних ребара. На месту где су мерикарпи срасли налазе се два ребра. На попречном пресеку плода (слика 5), у центру се налази шупљина у којој је видљив карпофор (осовина која држи два плода заједно).



Слика 4. Плод коријандра



Слика 5. Попречни пресек плода коријандра [36]

Једна од веома битних карактеристика семена је маса 1000 семена. У нашим истраживањима овај параметар се кретао од 7,09 до 10,62 g. Може се констатовати да је у току мање повољне године за раст и развој коријандра (2012) забележена мања маса 1000 семена (табела 2). У току 2011. просечна маса 1000 семена је износила 8,88 g и била је за око 6,83% виша од масе плодова образованих у 2012. години. Да у неповољним условима биљке образују мање плодове, већ је констатовано, што су потврдила и наша истраживања. Исто тако, и локалитет има значајан утицај на масу 1000 семена, што је вероватно последица микроклиматских услова у периоду наливања зрна. У нашим огледима, примена различитих врста ђубрива није утицала на масу 1000 семена. У огледима које су извели други истраживачи, закључено је да, иако ђубрење азотом не утиче на овај параметар, при примени најмање количине азота добија се највећа маса семена, и са повећањем количине овог хранива, смањује се маса семена. Исто тако је установљено и да примена стајњака, као и 75% и 100% препоручене количине азота или њихова комбинација са биофertilизаторима значајно повећава масу 1000 семена, док само *Azospirillum* sp., као и 50% препоручене количине азота не утиче на овај параметар [78, 89].

Поред масе семена, значајне су и његове димензије: дужина и ширина. У нашим двогодишњим истраживањима, дужина семена се кретала од 3,68 до 4,14 mm, док је ширина варијала између 2,90 и 3,39 mm. У табели 2 дат је приказ димензија семена коријандра. Из приказане табеле може се видети да ниједан од три испитивана фактора није утицао на величину семена, тј. да овај параметар показује велику стабилност, и да је генетски условљена особина као и пречник штита.

Испитивањем ових параметара бавили су се научници у Турској, који су установили да дужина плода коријандра варира између 4,61 и 4,74 mm, а ширина од 3,67 до 3,94 mm [34]. Истраживањима у Бразилу са десет култивара коријандра утврђено је да се дужина креће од 3,79 до 4,44 mm, а ширина од 3,13 до 3,53 mm при чему је однос дужине и ширине 1,15–1,27 [80].

Микроскопским посматрањем плода коријандра, може се уочити да се егзокарп састоји од епидермалних ћелија полигоналног облика са стомама. Кроз паренхим мезокарпа провлачи се слој паренхимских ћелија, који је шири у споредним, а ужи у главним ребрима. На комисури су ове склеренхимске ћелије прилично чврсте и само су на граници између два мерикарпа одвојене уском врпцом паренхимских ћелија. Кад се на тим местима притисне, плод се распада на два дела. У главним ребрима се налази

жила, а у споредним само продужене склеренхимске ћелије. Зрео плод има само на комисури мерикарпа по два шизогена канала са етарским уљем. Ендокарп је грађен од једног реда дугих и уских ћелија танких мембрана, које су понекад неприметно паркетирани. Семена опна је ред смеђих ћелија. У ћелијама ендосперма дебелих мембрана налазе се у олеоплазми алеуронска зрнца са релативно великим розетама калцијум-оксалата [57].

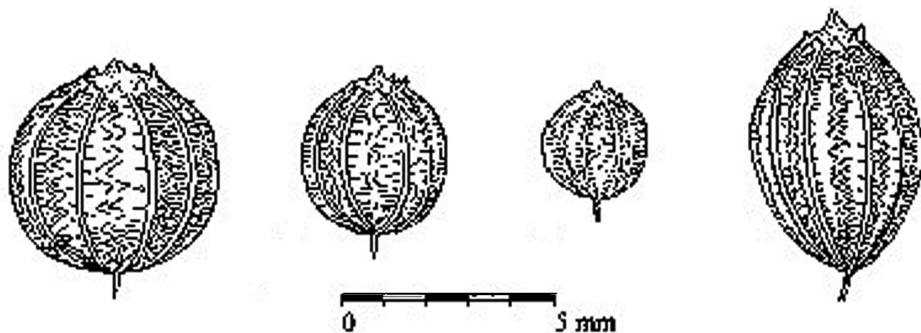
Табела 2. Приказ масе 1000 семена и димензија семена у двогодишњем истраживању у Војводини

		Маса 1000 семена (g)	Димензије семена	
			Висина (mm)	Ширина (mm)
Година (А)	2011	8,88	3,86	3,12
	2012	8,32	3,81	3,10
Локалитет (В)	Мошорин	8,36	3,88	3,09
	В.Радинци	8,00	3,76	3,01
	Остојићево	9,44	3,86	3,24
Примењено ђубриво (С)	Контрола	8,58	3,79	3,12
	Славол	8,58	3,90	3,13
	Вастofil В-10	8,50	3,85	3,13
	Royal Ofert	8,57	3,85	3,12
	Глистењак	8,73	3,78	3,08
	НРК	8,64	3,84	3,10
Значајност F-теста за сваки извор варијације				
	А	0,14	ns	ns
	В	0,17	ns	ns
	С	ns	ns	ns
	АВ	0,35	ns	ns
	АС	0,25	ns	ns
	ВС	0,43	ns	ns
	АВС	0,61	ns	ns

ns – није значано

3.3. Класификација

Најчешћа класификација коријандра је на две групе на основу величине плодова: крупнозрни или марокански (*Coriandrum sativum* L. var. *vulgare*) чији су плодови пречника 3–6 mm, и ситнозрни или руски (*Coriandrum sativum* L. var. *microcarpum* D.C.), чији су плодови пречника 1,5–3 mm. Међутим, у новије време користи се класификација на основу морфолошких карактеристика и карактеристика етарског уља из плодова коријандра, при чему је описано три интраспецијске групе и десет варијетета коријандра [37]. Разлика у облику и величини плодова код ових варијетета приказана је на слици 6.



Слика 6. Разлика у величини и облику плодова коријандра: а – *subsp. sativum* (тип са Блиског истока), б и в – *subsp. microcarpum* (тип из Етиопије и тип са Кавказа), г – *subsp. indicum* [36]

• *subsp. sativum*

Ова подврста коријандра обично има 1–3 базална листа при чему најдужи базални лист није дужи од 15 cm. Биљке су обично висине од 50 до 70 cm и имају мање од 35 штитова по биљци. Формира крупне плодове, при чему је тежина 1000 плодова обично много већа од 9 g. Ова подврста се карактерише и ниским садржајем етарског уља (у већини случајева мање од 0,7%), а удео камфора је од 1 до 3%, и садржи мирцен и лимонен. Карактерише се и кратким јувенилним периодом, рано цвета и сазрева. Ово је доминантна форма коријандра у северној Африци, Европи, на Блиском истоку, у Централној и Јужној Америци. Има два варијетета:

- *var. sativum* – плодови се ретко спонтано деле на 2 мерикарпа, а маса 1000 плодова је обично до 14 g;
- *var. africanum* – плодови се често спонтано деле на 2 мерикарпа, а маса 1000 плодова је често већа од 14 g.

• *subsp. microcarpum*

Ова подврста има најмање 3 базална листа, а најдужи базални лист је обично дужи од 10 cm. Биљке су већином више од 70 cm, са много бочних грана, при чему формирају више од 30 штитова по биљци. Плодови су ситни, тежина 1000 плодова је мања од 10 g. Садржај етарског уља је висок, а удео камфора у етарском уљу плодова већи је од 2%. Биљке из ове подврсте имају дугачак јувенилни период, касно цветају и сазревају. Гаје се у Европи и Азији, а сматра се да је центар порекла Кавказ. Ова подврста има четири варијетета: *var. microcarpum*, *var. siriaticum*, *var. siriaticum* и *var. vavilovii*.

- *var. microcarpum* – биљке са мање од 10 базалних листова, који су у положеној розети, а најдужи лист је ретко дужи од 25 cm. Стабло и цветови су обично обојени због присуства антоцијана.
- *var. asiaticum* – биљке са више од 10 базалних листова у розети, најдужи базални лист је обично дужи од 20 cm. Листови су тамнозелене боје (услед присуства антоцијана) врло ароматични, стабло је такође због антоцијана обојено тамно пурпурно. Код овог варијетета подједнако се користе и листови и плодови. *Var. asiaticum* је погодан за јесењу сетву у подручјима са благим зимама, при чему јесења сетва значајно повећава принос.
- *var. siriaticum* – биљке са више од 20 базалних листова који формирају усправну розету, а листови имају врло низак садржај етарског уља (мање

од 0,08%). Присуство антоцијана је слабо до средње видљиво на стаблу и цветовима. Период пораста у стабло је продужен. Биљка тражи доста влаге у почетним развојним стадијумима, а касније је врло отпорна на сушу. Овај варијетет има велики потенцијал за употребу као поврће.

- var. *vavilovii* – биљке са више од 6 базалних листова, бочне гране избијају у широком углу, а на нодусима се уочава слаба колоризација. Овај варијетет потиче из Етиопије и добро је адаптиран на сушне услове. Висок степен фолијације на стаблу омогућава да се гаји се као поврће.

● **subsp. *indicum***

Ова подврста се углавном гаји због плодова, а понекад се и листови користе као поврће. Биљке које припадају овој подврсти имају плодове благо издужене или овалне, а удео камфора у етарском уљу плодова је мањи од 1%, а понекад га уопште нема, мирцен и лимонен нису присутни или су утврђени у траговима. Ово је доминантна форма коријандра у Индији, Пакистану, Оману, Јемену, Бутану, Судану и Сомалији. Ова подврста коријандра је подељена на следеће варијетете: var. *indicum*, var. *butanense*, var. *omanense* и var. *pygmaeum*.

- var. *indicum* – биљке средње висине, обично више од 25 cm са једним или више базалних листова. Рано или умерено рано цвета и увек формира више од 10 штитова, а тежина 1000 плодова је преко 10 g.
- var. *butanense* – биљке не производе много листова, претежно се користе плодови, чије етарско уље се одликује високим уделом линалола. Тежина 1000 плодова је већа од 10 g.
- var. *omanense* – биљке су морфолошки врло сличне var. *africanum* и мала производња камфора, мирцена и лимонена у етарском уљу је главна карактеристика по којој се разликују. Тежина 1000 плодова је обично преко 10 g;
- var. *pygmaeum* – биљке су ниже од 25 cm, имају само један базални лист, обично врло рано цветају и сазревају, и имају само неколико штитова (обично мање од 10). Тежина 1000 плодова је мања од 10 g. Овај варијетет морфолошки припада subsp. *indicum*, али је географски потпуно диференциран од ње јер се јавља у Египту.

4.

Хемијски састав и употреба

Коријандар је врло богат активним материјама које су присутне у целој биљци. Утврђено је да зрео плод коријандра садржи етарско (1–2%) и масно уље (16–28%), протеине (11–17%), целулозна влакна (23–36%), угљене хидрате (13–20%) [98, 99].

У херби коријандра садржај етарског уља је знатно мањи, од 0,19 до 0,56% [33, 104]. Утврђено је да је садржај етарског уља у раним фазама развоја низак, и да се повећава са растом биљке, и свој максимум достиже у фази пуног цветања. Међутим, херба је богата комплексом биолошки активних материја у које спадају феноли (129,94 mg/kg) и витамини, посебно витамин Ц (160 mg/100 g свежје масе), А (12 mg/100 g свежје масе) и Б12 (60 mg/100 g свежје масе), затим флавоноиди, фенолкарбонске киселине, кумарини и аминокиселине [19, 38, 56, 87, 90].

Због комплексног хемијског састава коријандар има врло широку употребу. Користе се сви делови биљке у медицини, исхрани људи и животиња, али и у непрехрамбене сврхе.

4.1. Количина етарског уља

Истраживањима је установљено да је генотип главна одредница за синтезу секундарних метаболита [54]. Утврђено је да постоји корелација између садржаја етарског уља и величине семена. Ситнозрни варијетет (*var. microcarpum* D.C.) који успева у умереном климату има мањи плод, који обично садржи 0,8–1,8% етарског уља, док крупнозрни коријандар (*var. vulgare* Alef.), који се гаји у тропском и суптропском климату садржи значајно мање етарског уља (од 0,10 до 0,35%) [130].

Поред варијетета, и сорта има значајну улогу у количини етарског уља. У истраживањима која смо ми извели са два генотипа коријандра: сортом домаћи ситнозрни пореклом из Института за проучавање лековитог биља „Др Јосиф Панчић“ из Панчева и локалне популације ситнозрног коријандра добијене од произвођача лековитог биља из Кулпина, установили смо да је садржај етарског уља у плодовима домаћег ситнозрног коријандра био 1,06%, што је значајно више у поређењу са локалном популацијом где је просечан садржај етарског уља у плодовима био 0,86%. Резултати су приказани у табели 3, где се може видети да сорта коријандра домаћи ситнозрни има стабилан удео етарског уља у плодовима, који је резултат селекције, и не зависи од услова године, док код популације из Кулпина, количина етарског уља умногоме зависи од фактора године.

Табела 3. Садржај етарског уља у плодовима домаћег ситнозрног коријандра гајеног 2009/10. и локалне популације гајене 2011/12. године

	Домаћи ситнозрни		Локална популација	
	2009	2010	2011	2012
Контрола	1,01	1,10	0,92	0,77
Славол	1,08	1,00	0,91	0,73
Бактофил	1,01	1,02	0,96	0,73
Биохумус (Royal Ofert)	1,04	1,04	0,96	0,78
Глистењак	1,15	1,15	0,98	0,79
Хемијско ђубриво (NPK)	1,05	1,07	0,93	0,80
	1,06	1,06	0,94	0,77

Временски услови се истичу као значајан фактор који утиче на садржај етарског уља у плодовима. Наиме, установљено је да суша значајно утиче на принос етарског уља, и да се у условима суше образује скоро дупло мање етарског уља [111]. Наводњавањем се пак може повећати садржај етарског уља у плодовима за 5 до 32% у зависности од падавина у току вегетационог периода.

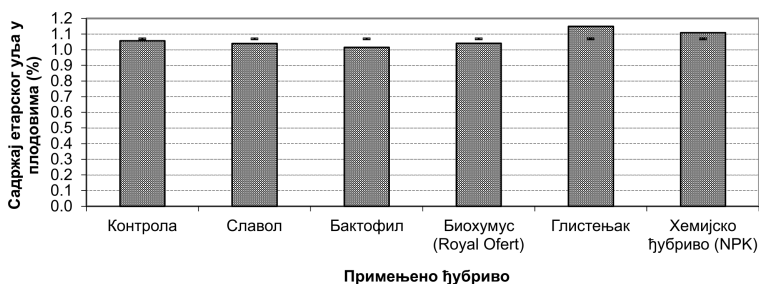
У истраживањима која смо извели током 2011. и 2012. године потврдили смо да је у климатски повољнијој години количина етарског уља у плодовима коријандра била већа (у просеку, износила је 0,94%), док је у сушној години његова концентрација значајно мања (0,77%), што се може видети и из табеле 3.

Један од најзначајнијих фактора који утичу на формирање приноса етарског уља је и локација, односно, географска ширина. Варирање садржаја етарског уља у зависности од локалитета утврђено је и у нашим истраживањима изведеним на три локације у Војводини. Садржај етарског уља у плодовима коријандра варирао је од 0,68 до 1,2%. Утицај локалитета у овом случају је последица временских услова (температура и падавина у периоду цветања и сазревања плодова), али и различитих типова земљишта. Исти закључак наводе и други аутори широм света.

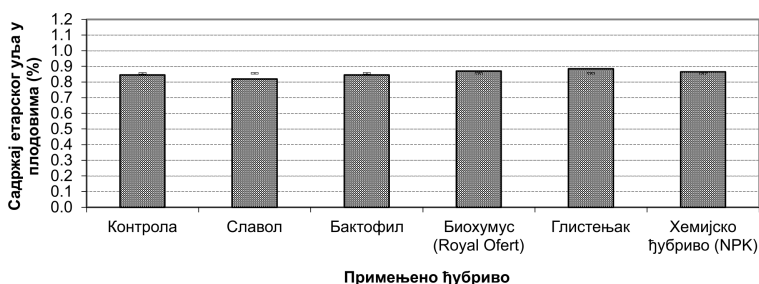
Ђубрење значајно утиче на садржај етарског уља у плодовима коријандра. Повећањем дозе азотног ђубрива долази до повећања садржаја етарског уља у плодовима [59, 110]. Ђубрење фосфором такође повећава принос етарског уља по хектару. Установљено је да се принос повећава са 4,1 kg/ha на 4,6 односно 5,9 kg/ha при примени 35, односно 70 kg/ha P₂O₅ [111].

У последње време микоризне гљиве и азотофиксирајуће бактерије се изучавају као потенцијални биофертилизатори, зато што су јефтине и еколошка су алтернатива хемијском ђубриву. Плодови добијени од биљака које су инокулисане са микоризним гљивама (*Glomus macrocarpum* и *Glomus fasciculatum*) дају 28–43% више етарског уља него контрола [64]. Претпоставка је да се садржај етарског уља повећава у микоризи због повећаног усвајања фосфора. Применом азотофиксирајућих и микоризних бактерија и фосфоминерализатора уз половину препоручене дозе азотног ђубрива, такође се значајно повећава принос етарског уља [1].

Међутим, у нашим четворогодишњим истраживањима није установљен утицај различитих врста органских и минералног ђубрива на садржај етарског уља у плодовима коријандра у поређењу са контролом. Резултати су приказани на графиконима 1 и 2.



Графикон 1. Садржај етарског уља у плодовима коријандра (популација из Института за проучавање лековитог биља „Др Јосиф Панчић“) у току 2009. и 2010. године у зависности од примењеног ђубрива (%)



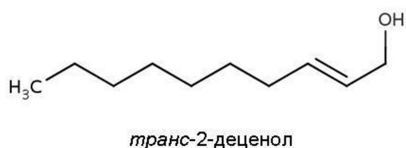
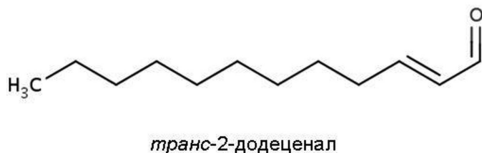
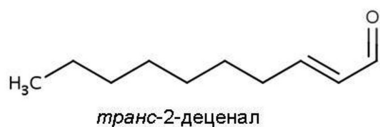
Графикон 2. Садржај етарског уља у плодовима коријандра (популација из Кулпина) у току 2011. и 2012. године у зависности од примењеног ђубрива (%)

„Из ових резултата може се констатовати да примењена биолошка и хемијска ђубрива нису значајно утицала на промене садржаја етарског уља. То се може објаснити релативно стабилним хемијским саставом коријандра, који више зависи од утицаја генотипа“ [4, стр. 149].

4.2. Хемијски састав етарског уља

Етарско уље се налази у шизогеним каналима који су присутни у свим органима биљке. Мирис етарског уља је врло интензиван и у потпуности другачији код зелене биљке и зрелог плода. Мирис је условљен хемијским саставом; у незрелим плодовима и вегетативним деловима биљке доминантни су алифатични алдехиди који дају специфичан мирис налик на стенице. То су *транс*-2-деценал, *транс*-2-додеценал и *транс*-2-деценол [35, 43, 44, 129] (структурне формуле ових компоненти приказане су на слици 7). Током зрења, плодови добијају много пријатнију арому, а главни састојак етарског уља је монотерпенски алкохол линалол, чија се концентрација повећава од 36,69% у тек приметним плодовима, до 72,35% у потпуно зрелим [86]. Он даје уљу цветну мирисну ноту, међутим, његов садржај не утиче значајно на мирис, већ су то друге компоненте као што су: α -пинен, који у већој концентрацији (2,36–23,23%) даје уљу терпентинску ноту, док геранил ацетат (8,95–24,51%) и лимонен дају мирис руже [105].

Алифатични алдехиди



Слика 7. Структурне формуле компонента доминантних у етарском уљу хербе коријандра

Табела 4. Компоненте етарског уља плода коријандра у 2011. и 2012. години

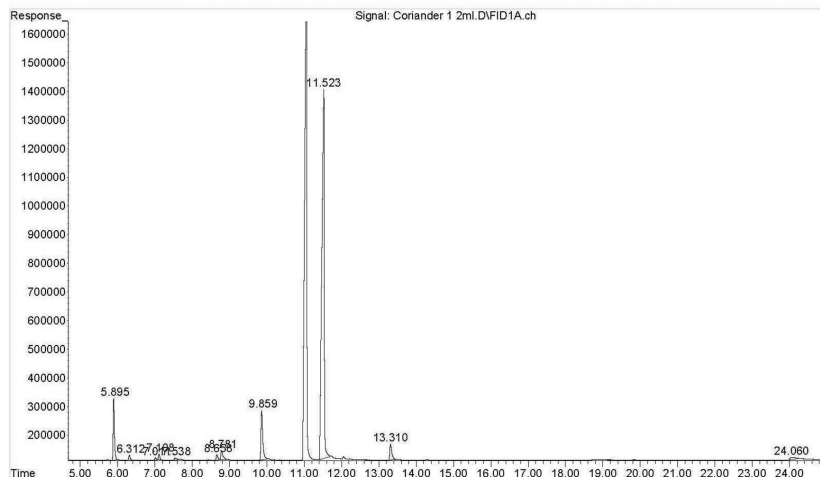
Редни број	Комонента	Р.Т.	2011	2012
1	трициклен	55.402	траг	0
2	α -тујен	56.323	траг	0
3	α -пинен	58.270	9,22	7,64
4	камфен	62.286	1,06	0,64
5	сабинен	69.129	0,43	0,18
6	β -пинен	70.277	0,72	0,77
7	мирцен	74.054	0,99	0,21
8	α -терпинен	82.861	траг	0
9	p -цимен	85.589	0,95	0,56
10	лимонен	87.005	2,21	1,35
11	γ -терпинен	98.079	8,33	6,95
12	терпинолен	109.842	траг	0
13	линалол	115.735	68,33	78,13
14	борнеол	141.789	0,24	0
15	терпинен-4-ол	146.842	0,11	0
16	α -терпинеол	152.576	0,16	0
17	гераниол	180.724	1,14	0
18	камфор	132.597	3,58	2,56
19	миртенил ацетат	212.670	траг	0
20	геранил ацетат	238.200	2,30	0,84
21	E -кариофилен	253.685	траг	траг
Монотерпенски угљоводоници			23,98	18,12
Монотерпенски алкохоли			69,98	78,13
Монотерпенски кетон			3,58	2,56
Монотерпенски естри			2,30	0,84
Сесквитерпени			траг	траг

траг – заступљеност компоненте мања од 0,1%

Количина етарског уља, као и његов квалитет, може да варира у зависности од: варијетета и сорте, географског положаја производног региона, климе и временских услова, типа земљишта, агротехнологије, стадијума у коме се изводи жетва, сушења, складиштења и примењене технике екстракције [17, 43, 83, 104].

Уопштено, може се рећи да компоненте етарског уља коријандра умногосте зависе од екотипа, што смо потврдили нашим истраживањима. Наиме, у истраживањима са сортом ситнозрни коријандар пореклом из Института за проучавање лековитог биља „Др Јосиф Панчић“ укупно је идентификовано пет компоненти у етарском уљу, тј. три монотерпенска угљоводоника (α и β пинен и лимонен) и два монотерпенска алкохола (линалол и борнеол). Ових пет компоненти чине 75,47–76,52% идентификованих компоненти етарског уља. Од тога је установљено да 61,19–65,04% чини линалол, док остале компоненте чине 11,69–12,45%.

У истраживањима са локалном популацијом коријандра из Кулпина идентификовано је 12, односно 21 компонента у зависности од године истраживања, а оне чине преко 99% идентификованих компоненти. Линалол је у овом екотипу био заступљен са 63,89–83,34%. Списак компоненти идентификованих у истраживањима која смо извели током 2011. и 2012. године дат је у табели 4 а графички приказ на хроматограму (слика 8).



Слика 8. Хроматограм етарског уља плода коријандра

Структурне формуле компоненти које су идентификоване у етарском уљу коријандра током истраживања 2011/12. године приказане су на слици 9. Ове компоненте се могу сврстати у 5 класа: монотерпенски угљоводоници, алкохоли, кетони, естри и сесквитерпени.

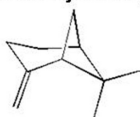
Монотерпенски угљоводоници су били заступљени у просеку са 23,98% у 2011. и 18,12% у 2012. години. Од тога су трициклен, α -терпинен и α -тујен у 2011. били регистровани у траговима, а у 2012. њихово присуство није утврђено.

У обе године истраживања најзаступљенији монотерпенски угљоводоници били су: α -пинен (7,64–9,22%), γ -терпинен (6,95–8,34%) и лимонен (1,35–2,21%). Битно је нагласити да су ниже вредности констатоване у 2012, а више у 2011. години. Остале компоненте из ове класе једињења које су у просеку огледа заступљене испод 1% су: камфен (0,86%), β -пинен и p -цимен (0,75%), мирцен (0,60%) и сабинен (0,31%).

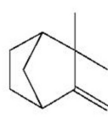
Монотерпенски угљоводоници



α -пинен



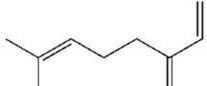
β -пинен



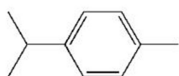
камфен



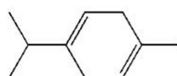
сабинен



мирцен



p-цимен

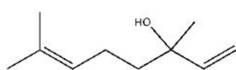


γ -терпинен



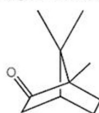
лимонен

Монотерпенски алкохол



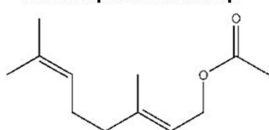
линалол

Монотерпенски кетон



камфор

Монотерпенски естар



геранил-ацетат

Слика 9. Структурне формуле компонената плода коријандра

Из етарског уља коријандра пореклом из Пакистана изоловани су готово идентични монотерпенски угљоводоници [17]. Заступљеност ове класе једињења у поменутом истраживању је 8%, док је у нашем знатно већа, од 16,23 до 26,12% у зависности од локалитета. Наведени аутори истичу да коријандар пореклом из европских земаља обично садржи између 16 и 30% монотерпенских угљоводоника, што се подудара са нашим истраживањем.

Монотерпенски алкохоли су најзаступљенија класа једињења у етарском уљу коријандра. Готово сва истраживања указују да је главни састојак етарског уља зрелих плодова коријандра монотерпенски алкохол линалол, који је заступљен од 37,65% до 79,90% [20, 41].

У нашим истраживањима, у 2011. години поред линалола, који је био заступљен у највећем проценту (63,89–73,19%), забележено је и присуство гераниола (0,17–1,81%), затим α -терпинеола (у просеку 0,16%), 4-терпинеола (0,11%) и борнеола. У 2012. години од ове класе једињења био је заступљен само линалол и то у количини од 75,19 до 83,34%.

Анализом етарских уља семена коријандра из европских земаља установљено је да су главне компоненте линалол (58,0–80,3%), γ -терпинен (0,3–11,2%), α -пинен (0,2–10,9%), *p*-цимен (0,1–8,1%), камфор (3,0–5,1%) и геранил ацетат (0,2–5,4%), што се у потпуности подудара са нашем студијом, и са студијом из Румуније, где је установљено и присуство трициклена (до 0,1%) и 4-терпиненеола (0,1–0,7%) [102, 135].

Плодови пореклом из Бразила такође имају сличан састав као у нашем истраживању [49]. Најзаступљенији су линалол (77,48%), γ -терпинен (4,64%) и α -пинен (3,97%). Утврђено је да постоји негативна корелација између садржаја линалола и осталих главних компоненти као што су: γ -терпинен, α -пинен и *p*-цимен [31, 41]. Истраживања у Аргентини такође указују на то да је линалол најзаступљенија компонента етарског уља (68,14%), док γ -терпинен није идентификован, а α -пинен је заступљен са 3,31% [137].

Монотерпенски кетон камфор је у 2011. био заступљен са 3,58%, а у 2012. са 2,56%. Камфор је оцењен као непожељан састојак етарског уља коријандра [36]. Исти аутор наводи да је садржај камфора у корелацији са садржајем лимонена ($r=0,873$). Камфор је у нашим узорцима заступљен у концентрацији од 3,27 до 3,85%. Истраживања са италијанским и шпанским екотипом коријандра указују на то да је количина овог једињења такође била релативно ниска, 3,3%, односно 3,9% [48]. У осталим студијама, количина камфора је била знатно већа: 5,0–8,2 [126, 138, 139].

Како је камфор означен као непожељан састојак етарског уља, а у 2012. је забележена мања количина камфора, а већа линалола, из чега се закључује да високе температуре и суша позитивно утичу на квалитет етарског уља коријандра.

Од **монотерпенских естара** миртенил ацетат је у 2011. забележен само у траговима, док у 2012. његово присуство није утврђено. Геранил ацетат је у 2011. био у просеку заступљен са 2,31%, а у 2012. са само 0,84%.

У нашој студији утврђена је мала количина **сесквитерпена** β -кариофилена, који је у обе године био заступљен само у траговима. На то указује и студија изведена у Европи где је ова класа заступљена до 2,3%, за разлику од 5% колико је забележено у Ирану [41, 52, 102]. У узорцима из Ирана утврђено је присуство Δ^3 -карена (9,7%) и нерил ацетата (2,3–14,2%), који у нашим узорцима нису идентификовани.

4.3. Масно уље

Као и код етарског уља, и код масног уља се јављају разлике у садржају у зависности од бројних чинилаца. Садржај масног уља у зрелом семену се креће од 12 до 25%, зависно од еколошких услова. Ситнозрни коријандар је богатији у масном уљу од крупнозрног, и масно уље је углавном концентрисано у ендосперму 22,65%, док је у перикарпу његов удео знатно мањи [68, 98, 121].

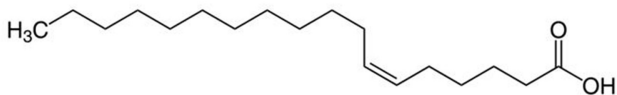
У масном уљу коријандра је утврђено од 9 до 12 масних киселина [86, 103, 120], које су приказане на слици 10. Наведени аутори истичу да је најзаступљенија масна киселина петроселинска (65,7–76,6%). Највећа забележена вредност петроселинске киселине у коријандру у литератури је 91%, а најмања 36% [116, 132].

Петроселинска киселина је специфична мононезасићена масна киселина, изомер олеинске киселине, а карактерише се са ланцем од 18 угљеникових атома и двоструком везом у цис конфигурацији на шестом угљениковом атому (6-октадеценска киселина). Акумулира се у ендосперму коријандра, али није присутна у листовима и другим ткивима ове биљке [24, 25].

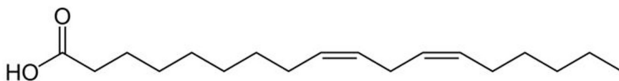
Друга масна киселина по заступљености је линолна са 13,0–16,7%, затим следе олеинска (5,4%), палмитинска (3,4%), стеаринска (0,7%), као и велики број масних киселина са заступљеношћу испод 0,5% (палмитоелеинска, арахидонска, миристинска, γ -линоленска, α -линоленска, гадолеинска,

кетолеинска, докосахексаноинска). Током периода чувања зачина, слободне масне киселине постепено се смањују, и то је добар индикатор старости материјала [98].

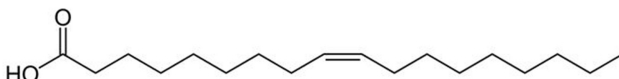
Незасићене масне киселине



Петроселинска киселина C18:1

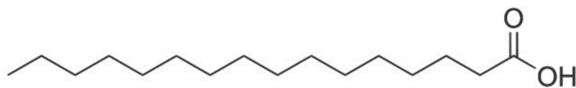


Линолна киселина C18:2

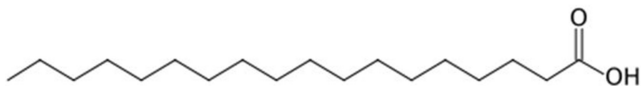


Олеинска киселина C18:1

Засићене масне киселине



Палмитинска киселина C16:0



Стеаринска киселина C18:0

Слика 10. Структурне формуле масних киселина из масног уља коријандра

Акумулација масног уља расте током периода зрења плодова (зелени плодови садрже 19,1%, а потпуно зрели до 26,4%). У току формирања плодова мононе засићене масне киселине су присутне са 32,1%. Однос засићених и незасићених масних киселина се смањује током зрења од 0,5 до 0,3 [86].

У масном уљу коријандра најзаступљенији су неутрални липиди (преко 90%), од којих највише има триацилглицерола (ТАГ), затим следе гликолипиди (2,42%) и фосфолипиди (1,94%).

Коријандар је добар извор фитостерола. Њихов садржај је процењен на 5186 $\mu\text{g/g}$ уља, што је 0,51% од укупних липида [103]. Најзаступљенији је стигмастерол (29,8%) и β -ситостерол (28,2%), као и Δ^7 -авенастерол (23,8%) и кампестерол (9,80%). Такође, утврђено је и присуство Δ^7 -стигмастерола 16,3% и Δ^5 -стигмастерола 9,2%. Токоли су процењени на 327,47 $\mu\text{g/g}$ семена, а доминантни токол је γ -токотриенол 238,40 $\mu\text{g/g}$ семена (72,8% укупних токола), а од токоферола утврђени су γ -токоферол (8,06%) и α -токоферол [120].

4.4. Употреба коријандра

„У многим земљама и културама коријандар има дугу историју употребе као зачин, али и за лечење органа за варење, код поремећаја као што су болови у стомаку, надутост и бол у желуцу. Често се препоручује употреба коријандра и код несанице и напетости. Такође, наводи се да је коријандар ефикасан и као аналгетик и антиреуматик. Ова биљка се користи и као анхелминтик за *Ascaris lumbricoides* и *Pheretima posthuma*, али и за лечење уринарног система, тј. болести као што су упала мокраћне бешике и мокраћних канала и инфекције. Такође, користи се и за излучивање тешких метала из организма. Нарочито велика пажња се придаје његовим антибактеријским и антиоксидативним особинама. Утврђено је да коријандар делује антимикробно на велики број грам-позитивних и грам-негативних бактерија и гљивица, те би због тога могао да се користи за развој новог спектра антибиотика биљних формулација. Услед оксидативног стреса долази до појаве неких болести као што су: реуматоидни артритис, артеросклероза и неуродегенеративне болести, канцер, дијабетес, а бројним студијама је потврђена његова антиоксидативна активност. Сматра се да је коријандар врло перспективна биљка антиоксиданс, с обзиром на то да се због својих ароматичних својстава радо користи као суплемент у исхрани, али и као зачин. Често се додаје као конзерванс у месној индустрији, као додаток кобасицама, у туршији, саставни је део кари праха, једног од најпознатијих зачина индијске кухиње, додаје се и пецивима, бисквитима. Такође се уводи и у исхрану животиња. Као саставна компонента у храни за рибе значајан је имуностимулант и детоксификатор. Код оваца и коза ова биљка редукује паразите (*Haemonochus contortus*), а код бројлера и јапанске препелице значајно побољшава раст и здравствено стање. У непрехрамбеној индустрији етарско уље коријандра се користи у парфимерији и дуванској индустрији, док се масно уље користи за добијање биодизела“ [8, стр. 82].

Ова биљка је значајна и у органској пољопривреди. „Цветови коријандра су богати поленом и нектаром што их чини одличном пашом за пчеле, али су привлачни и за велики број других корисних инсеката као што су предатори и паразитоиди штеточина. Због тога се ова биљка често гаји око усева као заштитни појас или чак здружено са другим културама. Последица тога је смањење бројности многих штетних инсекатских врста, али и нематода. Установљено је да етарско уље коријандра делује инсектицидно на складишне штеточине, али и на фитопатогене гљиве и бактерије, што може да се искористи за производњу еколошки безбедних производа у технологији прераде воћа и поврћа, али и за третирање семена, што практично има значаја у органској производњи“ [5, стр. 460].

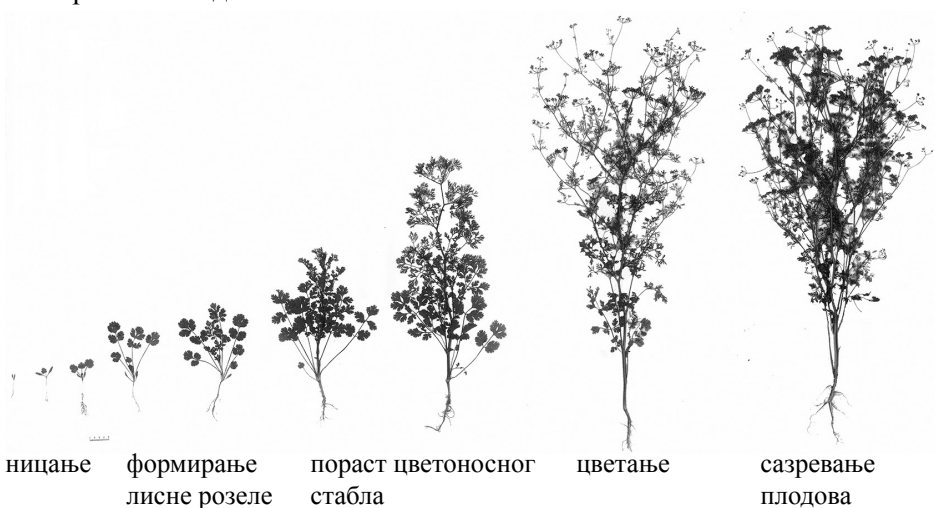
5. Фенолошке фазе и агроеколошки услови успевања

У овом поглављу описане су фенолошке фазе коријандра, као и захтеви према влази, температури и светлости, током вегетационог периода, као током појединих фенолошких фаза. Такође, приказан је и принос вегетативне масе биљке, као и принос плодова по биљци у зависности од временских услова, али и жетвени индекс, који представља однос масе плодова и масе биљке.

5.1. Фенолошке фазе

Вегетациони период коријандра траје 80–120 дана, а дужина првенствено зависи од временских услова [36]. Развој биљака коријандра пратили смо свакодневно, што је приказано на слици 11. У току вегетационог периода установили смо пет фенолошких фаза. То су:

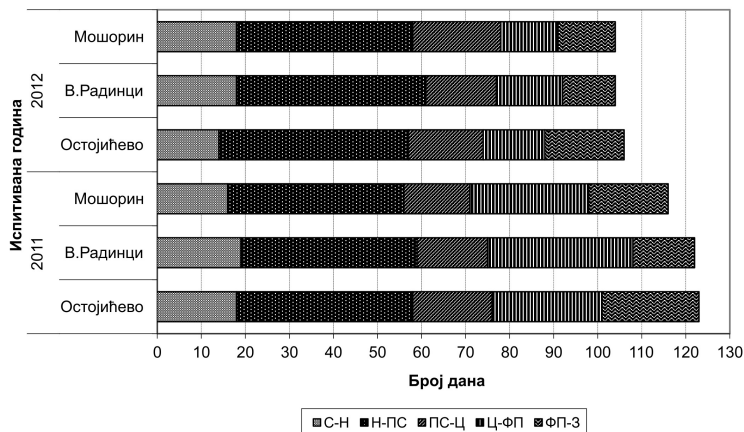
1. ницање
2. формирање лисне розете
3. пораст цветоносног стабла
4. цветање
5. сазревање плодова



Слика 11. Фазе развоја коријандра

„На основу двогодишњих експеримената, изведених на три локалитета у Војводини, нису утврђене разлике у дужини вегетационог периода коријандра као ни у трајању појединачних фенолошких фаза у зависности од примењених ђубрива. Разлике су постојале на нивоу локалитета и испитиваних година“ [4, стр. 122].

Из графикана 3 може се видети да је вегетациони период коријандра трајао од 104 до 123 дана, и да је 2011. године трајао дуже (у просеку 120,3 дана) у односу на 2012. годину (104,7 дана).



Графикон 3. Трајање фенолошких фаза коријандра у зависности од услова године (С-сетва, Н-ницање, ПС-пораст у стабло, Ц-цветање, ФП-формирање плодова, З-зрење)

Према уџбеничкој литератури, од сетве до ницања прође 15–20 дана [39, 69, 122]. У истраживањима која смо ми извели током 2011/12. године, период ницања је трајао 14–19 дана. Ницањем се означава појава котиледона изнад површине земље. Коријандар клија са два ланцетасти котиледона, слабо изражене нерватуре. Хипокотил је дуг и танак.

Након овог периода, следи период формирања лисне розете, који са завршава порастом цветоносног стабла. Ово је најдужи период, и траје 30–40 дана. У нашем истраживању формирање лисне розете је трајало од 40 до 43 дана.

Од пораста цветоносног стабла до почетка цветања, коријандру треба 15–20 дана, што је случај и у нашим огледима.

Са овом фенолошком фазом се завршава вегетативни развој. Трајање вегетативног периода је било 62% односно 73% од укупног вегетационог периода, што се поклапа са другим истраживачима који истичу да вегетативне фазе увек трају више од 50% од укупног вегетационог периода [29].

Генеративна фаза развоја почиње са цветањем, које је у нашим огледима трајало 13–33 дана, док су литературни наводи да цветање траје 10 до 20 дана, односно 25–35 дана, при чему је интензитет цветања најјачи у првих 15 дана [122, 123]. Постоје и подаци да уколико се сетва врши раније, цветање је обилније и дуже, чак 35–45 дана [39, 69].

Цветање почиње са примарним штитом, а комплетан процес цветања једног штита траје 5–7 дана.

Сазревање је у нашем истраживању трајало од 12 до 22 дана, а у литератури се наводи да овај период траје од 20 до 40 дана [123].

5.2. Утицај временских услова на фенолошке фазе

Као што је већ наглашено, на трајање фенолошких фаза највише су утицали временски услови током године. Две године у којима је изведено истраживање међусобно су се значајно разликовале.

Количина падавина у току вегетационог периода (април–септембар) 2011. године је била у просеку 239 mm, а 2012. око 223 mm. Како се може видети из табеле 5, количина падавина у обе испитиване године била је значајно мања у поређењу са вишегодишњим просеком (359 mm). Према наводима литературе, коријандар добро успева у подручјима у којима током вегетационог периода има више од 200 mm падавина, те се може закључити да у нашим агроколошким условима ова биљка има довољно влаге за успешно гајење [36].

Табела 5. Количина (mm) падавина током вегетационог периода (април–септембар) у 2011. и 2012. години на сва три испитивана локалитета.

Месец	Локалитет†	Испитивана година		Вишегодишњи просек*
		2011	2012	
IV	Мошорин	17	83	51
	В. Радинци	14	85	52
	Остојићево	33	60	48
	Просек	21	76	50
V	Мошорин	65	52	61
	В. Радинци	61	71	56
	Остојићево	44	48	53
	Просек	57	57	57
VI	Мошорин	37	28	85
	В. Радинци	70	27	82
	Остојићево	31	20	68
	Просек	46	25	78
VII	Мошорин	62	48	65
	В. Радинци	93	39	65
	Остојићево	100	50	59
	Просек	85	46	63
VIII	Мошорин	2	4	61
	В. Радинци	4	0	63
	Остојићево	11	6	55
	Просек	6	3	60
IX	Мошорин	23	14	52
	В. Радинци	19	14	53
	Остојићево	30	21	48
	Просек	24	16	51
Укупно за вегетациони период		239	223	359

†Коришћени су подаци са најближе метеоролошке станице (МС); за Мошорин–МС Нови Сад, за Велике Радинце–МС Сремска Митровица, и за Остојићево–МС Кикинда.

*Вишегодишње просечне вредности су за период 1971–2000. године

Међутим, треба имати у виду да је у 2011. години вегетациони период коријандра трајао просечно 120, а у 2012. години 105 дана, и да је у првој години истраживања било више падавина током вегетационог периода (183,3 mm), које су углавном биле равномерно распоређене током свих 5 фенолошких фаза. Друга година истраживања (2012) била је сушнија у поређењу са претходном (просечна количина падавина на сва три

локалитета је била 165,0 mm), а највећи део падавина био је сконцентрисан у периоду од сетве до почетка цветања (око 90%), док је у периоду од цветања до жетве наступила суша (табела 6).

Табела 6. Количина падавина (mm) у току фенолошких фаза коријандра у 2011. и 2012. години на сва три испитивана локалитета

Фенолошке фазе	2011				2012			
	М	Р	О	Х	М	Р	О	Х
Ницање	7	15	5	9,0	33	49	42	41,3
Формирање лисне розете	61	63	55	59,7	101	104	51	85,3
Пораст цветоносног стабла	33	60	9	34,0	27	18	17	20,7
Цветање	36	16	48	33,3	1	6	2	3,0
Сазревање	14	87	41	47,3	10	0	34	14,7
Сума	151	241	158	183,3	172	177	146	165,0

М-Мошорин, Р-Велики Радинци, О-Остојићево, Х-просек за сва три локалитета

Због слабо развијеног корена коријандар има велике потребе за влагом, а нарочито током јувенилног периода. После пораста у стабло, биљке постају толерантније на сушу. Због ове чињенице, може се рећи да је већа количина влаге током вегетативних фаза у 2012. години довела до тога да су биљке биле значајно више у поређењу са 2011. годином (табела 1). Међутим, недостатак падавина током генеративних фаза у 2012. години довео је до образовања мањег броја штитова по биљци, мањег броја плодова у штитовима (табела 1), као и мање масе 1000 семена (табела 2), што се све негативно одразило на формирање приноса.

Средње дневне температуре током обе испитиване године биле су значајно више од вишегодишњег просека (табела 7). При томе се може рећи да је 2012. година била топлија у поређењу са 2011. годином. Највеће позитивно одступање од просечних вишегодишњих вредности забележено је током летњих месеци, када је коријандар био у генеративним фазама развоја, што се заједно са недостатком влаге негативно одразило на принос.

Минимална температура потребна за клијање је 4–6°C, а са порастом температуре процес клијања се убрзава. На температурама од 15–17°C клијање траје 2 недеље [36]. Највећи проценат клијавости семена коријандра се добија на температурама од 20–25°C, док је максимална температура 35°C [13].

Истраживања у Немачкој показују да коријандар преживљава дуже периоде под ниским температурама од -15°C. Јесења сетва се углавном практикује у Украјини, где се гаје екотипови који имају добро развијену лисну розету јер су они толерантнији на ниске температуре. Високе температуре и сунчано време током периода цветања подстичу принос плода и садржај етарског уља [36].

Концентрација етарског уља у плодовима опада на температурама изнад 21°C, и сматра се да је идеална температура за наливање зрна 15–18°C [77]. Истраживања указују да се најбољи принос постиже у хладним влажним летима, и да дужина вегетационог периода и ефективне дневне температуре имају утицаја на акумулацију етарских уља (више етарског уља се формира уколико су у току вегетационог периода ефективне дневне температуре биле високе) [66, 98].

Утицај високих и ниских температура на садржај етарског уља потврдила су и наша истраживања. „Иако временски услови нису утицали

значајно на садржај етарског уља у плодовима, у току 2010. године, када је просечна температура током вегетационог периода била мања, биљке су акумулирале више етарског уља (1,064%), у поређењу са топлијом 2009. годином (1,057%)“ [3, стр. 1468].

Табела 7. Средње дневне температуре (°C) током вегетационог периода (април–септембар) у 2011. и 2012. години на сва три испитивана локалитета.

Месец	Локалитет	Испитивана година		Вишегодишњи просек*
		2011	2012	
IV	Мошорин	13,4	13,0	11,3
	В. Радинци	13,1	12,8	11,3
	Остојићево	13,3	13,3	11,4
	Просек	13,3	13,0	11,3
V	Мошорин	16,4	17,1	16,9
	В. Радинци	16,2	17,0	16,8
	Остојићево	16,5	17,1	17,0
	Просек	16,4	17,1	16,9
VI	Мошорин	21,1	22,6	19,9
	В. Радинци	20,9	22,3	19,7
	Остојићево	21,4	22,9	20,0
	Просек	21,1	22,6	19,9
VII	Мошорин	22,0	25,0	21,6
	В. Радинци	22,1	25,0	21,2
	Остојићево	22,0	25,1	21,8
	Просек	22,0	25,0	21,5
VIII	Мошорин	23,1	24,1	21,1
	В. Радинци	22,8	23,6	20,7
	Остојићево	22,7	23,7	21,1
	Просек	22,9	23,8	21,0
IX	Мошорин	21,2	20,2	16,8
	В. Радинци	21,0	19,8	16,5
	Остојићево	21,0	20,3	16,8
	Просек	21,1	20,1	16,7
Просек за вегетациони период		19,5	20,3	17,9

†Коришћени су подаци са најближе метеоролошке станице (МС); за Мошорин–МС Нови Сад, за Велике Радинце–МС Сремска Митровица, и за Остојићево–МС Кикинда (Републички хидрометеоролошки завод Србије)

*Вишегодишње просечне вредности су за период 1971–2000. године

„Цветање је у току 2011. године трајало од 25 до 33 дана, а у току 2012. знатно краће (само 13–15 дана), што је последица неповољних временских услова (недостатак влаге и високе средње дневне температуре)“ [4, стр. 122]. У овој фенолошкој фази постоје значајне разлике у зависности од услова године, при чему се значајан продужетак јавља у хладном и кишном времену, док се скраћење јавља под утицајем високих температура. Као резултат тога, цветови који су цветали у неповољним условима, имају редукован број плодова, што условава и нижи принос [3, 36].

Временски услови током периода цветања су веома значајни и због тога што током периода хладног и влажног времена инсекти не посећују цветове, док се под повољним временским условима, јављају многи различити инсекти који су опрашивачи или посетиоци штитова коријандра. Врсте инсеката које опрашују коријандар зависе од подручја гајења. Инсекте привлачи нектар који лучи стилоподијум, нарочито током периода када је тучак спреман за успешну оплодњу, али и самоопрашивање је могуће.

Максималне дневне температуре преко 30°C доводе до убрзаног сазревања, када се јаве у периоду од почетка цветања до жетве [29]. У условима интензивне суше праћене високим температурама, каква је била 2012. година, период сазревања је био знатно краћи (12–18 дана).

Коријандар је толерантан и на високе и на ниске температуре, и може се гајити током целе године [133]. Према топлоти нема великих захтева што омогућује да се гаји у веома широком ареалу. Производња плодова коријандра могућа је само тамо где је сума просечних температура током вегетационог периода најмање 1700–1800°C. У тропском климату и у подручјима која немају довољну суму температура од 1700°C, производња коријандра за плод није могућа. Под тим условима биљка може да се гаји као поврће, или на вишим надморским висинама за плод [36].

У табели 8 дате су суме средњих дневних температура већих од 4°C на сва три испитивана локалитета током вегетационог периода (април–септембар) 2011. и 2012. године. Како се може видети из приказане табеле, сума средњих дневних температура током вегетационог периода, како на нивоу вишегодишњег просека, тако и у обе испитиване године је преко 3000°C.

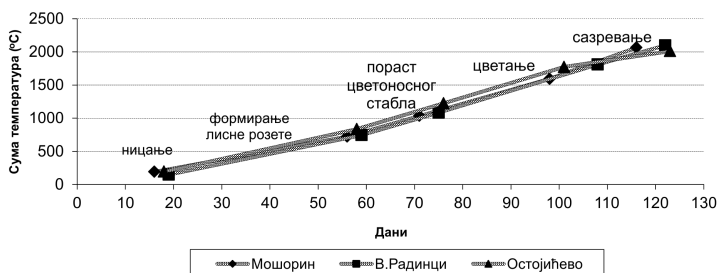
Табела 8. Суме средњих дневних температура већих од 4°C током вегетационог периода (април–септембар) у 2011. и 2012. години на сва три испитивана локалитета

Месец	Локалитет†	Испитивана година		Вишегодишњи просек*
		2011	2012	
IV	Мошорин	403	390	339
	В. Радинци	394	385	339
	Остојићево	400	400	342
	Просек	399	392	340
V	Мошорин	513	532	524
	В. Радинци	505	528	521
	Остојићево	517	532	527
	Просек	512	531	524
VI	Мошорин	634	677	597
	В. Радинци	626	669	591
	Остојићево	643	686	600
	Просек	634	677	596
VII	Мошорин	680	773	670
	В. Радинци	684	773	657
	Остојићево	679	777	676
	Просек	681	774	668
VIII	Мошорин	717	749	633
	В. Радинци	709	732	621
	Остојићево	705	737	633
	Просек	710	739	629
IX	Мошорин	637	607	521
	В. Радинци	631	597	512
	Остојићево	630	604	521
	Просек	633	603	518
Укупно за вегетациони период		3569	3716	3274

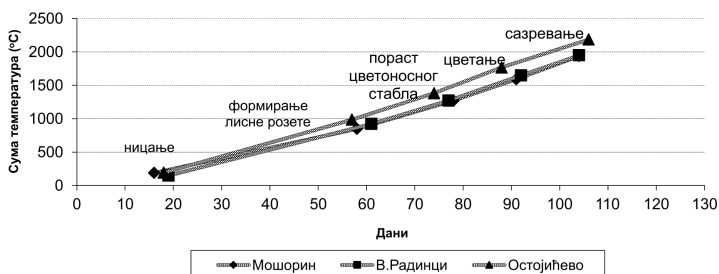
†Коришћени су подаци са најближе метеоролошке станице (МС); за Мошорин–МС Нови Сад, за Велике Радинце–МС Сремска Митровица, и за Остојићево–МС Кикинда (Републички хидрометеоролошки завод Србије)

*Вишегодишње просечне вредности су за период 1971–2000. године

2011

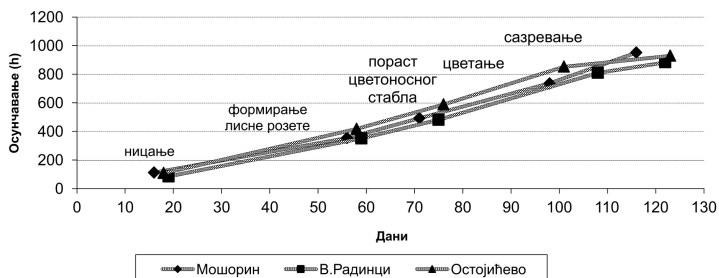


2012

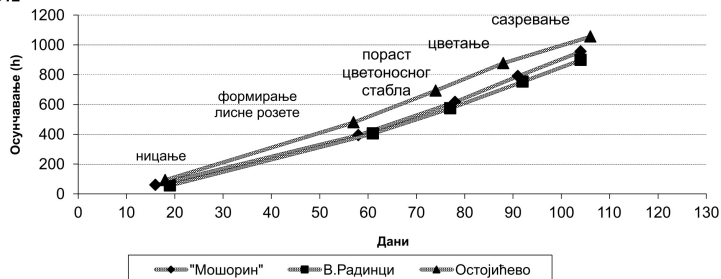


Графикон 4. Сума ефективних температура у току фенолошких фаза коријандра у 2011. и 2012. години на сва три испитивана локалитета

2011



2012



Графикон 5. Осунчавање (h) у току фенолошких фаза коријандра у 2011. и 2012. години на сва три испитивана локалитета

У нашем истраживању, сума ефективних температура (температуре веће од 4°C) у току вегетационог периода коријандра је износила од 1940 до 2187°C. Током обе године истраживања, коријандру је било потребно више од 1200°C да би прешао из вегетативне у генеративну фазу развоја, и више од 2000°C да би плодови сазрели (графикон 4). „На основу коефицијента детерминације, трајање вегетације у обе експерименталне године је објашњено сумом температура са 99%“ [3, стр. 1467].

Гајење коријандра у Немачкој показује да биљка није осетљива на дужину дана. Биљка достиже генеративни стадијум када је посејана у пролеће и у лето на пољу, али и у јесен или зиму у стакленику [36].

Табела 9. Осунчавање (h) током вегетационог периода (април–септембар) у 2011. и 2012. години на сва три испитивана локалитета

Месец	Локалитет†	Испитивана година		Вишегодишњи просек*
		2011	2012	
IV	Мошорин	204	205	190
	В. Радинци	220	189	186
	Остојићево	224	210	191
	Просек	216	201	189
V	Мошорин	270	253	242
	В. Радинци	256	239	250
	Остојићево	282	250	249
	Просек	269	247	247
VI	Мошорин	284	361	272
	В. Радинци	256	323	260
	Остојићево	285	353	281
	Просек	275	346	271
VII	Мошорин	296	351	292
	В. Радинци	266	343	290
	Остојићево	271	344	301
	Просек	278	346	294
VIII	Мошорин	127	350	274
	В. Радинци	128	370	259
	Остојићево	132	363	276
	Просек	129	361	270
IX	Мошорин	277	239	211
	В. Радинци	276	239	188
	Остојићево	284	247	216
	Просек	279	242	205
Укупно за вегетациони период		1446	1743	1476

†Коришћени су подаци са најближе метеоролошке станице (МС); за Мошорин–МС Нови Сад, за Велике Радинце–МС Сремска Митровица, и за Остојићево–МС Кикинда

*Вишегодишње просечне вредности су за период 1971–2000. године

У условима дугог дана биљке брже расту, имају већи принос и раније цветају и сазревају [101]. Биљке које су гајене у условима дугог дана (16 h) цветале су 24 дана раније од биљака које су гајене у условима кратког дана (8 h). Из овога се може закључити да коријандар припада биљкама дугог дана [133].

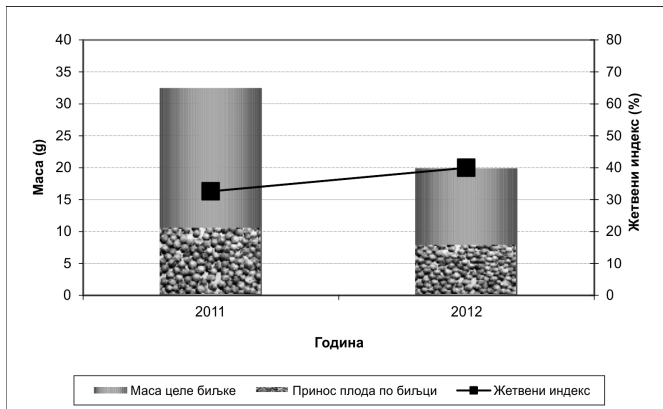
У табели 9 дате су вредности осунчавања током вегетационог периода (април–септембар) у 2011. и 2012. години на сва три испитивана локалитета, као и вишегодишње просечне вредности осунчавања.

У истраживањима која смо извели током 2011/12. године, у току вегетационог периода коријандра било је потребно више од 800 сунчаних сати за формирање приноса (графикон 5). „Применом модела просте линеарне регресије, утврђена је висока статистичка зависност трајања инсолације на дужину вегетационог периода коријандра, а израчунати коефицијент детерминације је 99% за обе експерименталне године“ [4, стр. 129].

5.3. Утицај временских услова жетвени индекс

„Важност вегетативних делова у формирању приноса одређена је жетвеним индексом. Жетвени индекс (%) добија се дељењем масе семена са масом суве биљке и множењем са 100. Ова вредност се израчунава да би се добила информација о подели фотосинтезе између вегетативних и репродуктивних делова биљке, тј. ефикасности биљке при коришћењу приступачних ресурса за производњу семена. Повећање жетвеног индекса повезано је са налажењем у повољнијим еколошким условима који доводе до побољшања приноса семена и биомасе биљке“ [4, стр. 52].

Значајно мањи принос зрна по биљци остварен је у сушној 2012. години (у просеку огледа 7,89 g), док је у 2011. просечан принос зрна по биљци био 10,58 g (графикон 5). Маса појединачне биљке је у 2011. години била у просеку огледа око 32,47 g, а 2012. око 19,89 g. Може се рећи да је у сушној години маса биљке била мања за око 64%.



Графикон 6. Маса целе биљке (g), маса плода коријандра по биљци (g) и жетвени индекс (%) у 2011. и 2012. години

Сува маса појединачне биљке у истраживањима у Италији кретала се од 2,7 до 17,4 g, и при томе је установљена јака варијабилност између година [27, 28]. Смањење биолошког приноса у условима стреса изазваног сушом може се објаснити тиме што биљке смањују образовање лисне површине, а то смањење може да буде двоструко (са 7539 на 3456 kg/ha) [45].

У 2011, просечној години за наше агроеколошке услове, жетвени индекс је био у просеку огледа 32,58%, док је у 2012, сушној години, његова вредност била нешто виша (39,99%). Већа вредност жетвеног индекса у сушним условима је у супротности са истраживањима других аутора [27, 111]. Ова појава се може повезати са чињеницом да су биљке у 2012. години у првом делу вегетационог периода имале довољно влаге, што је позитивно утицало на формирање вегетативних органа, док су се у другом делу дефицит падавина и високе температуре неповољно одразило на формирање приноса зрна.

6.

Технологија производње коријандра

Коријандар је једногодишња биљка и у зависности од климатских услова, гаји се као летњи или зимски једногодишњи усев. Ово потпоглавље подељено је у неколико целина: (1) избор земљишта и предусева, основна обрада и ђубрење, (2) семе и сетва, (3) нега усева, болести и штеточине, и (4) жетва, принос, прерада и калкулација производње.

6.1. Избор земљишта и предусева, основна обрада и ђубрење

Коријандар успева на скоро свим типовима земљишта, а највеће приносе даје на средње везаним хумусом богатим земљиштима као што су черноземи и црнице. У огледима у саксијама установљено је да је иловасто земљиште погодније за гајење коријандра од песковитог [12].

Коријандар не подноси кисело земљиште. На таквом земљишту јављају се симптоми ожеготина (појава браон боје на листовима, некрозе на ивицама листова, док млађи листови изгледају мокри). Ови симптоми су изазвани недостатком калцијума [67].

Коријандар такође не подноси ни заслањена земљишта. У огледима са хидропонским гајењем коријандра при различитим концентрацијама NaCl (0, 25, 50 и 75 mM) установљено је да се са повећањем концентрације соли принос плода смањује од 25 до 36% у односу на контролу [88]. Узрок смањења приноса плода у условима стреса изазваног салинитетом је неадекватна фотосинтеза услед затворености стома и стога смањеног усвајања угљен-диоксида. Међутим, у условима повећаног салинитета, садржај етарског уља у плодовима по неким ауторима је такође мањи [22], док је по другим већи [88] у поређењу са контролом.

Због појаве заједничких болести и штеточина коријандар не треба сејати после биљака из исте фамилије. Домаћи аутори [40, 122] наводе да коријандар напада паразитна цветница, вилина косица (*Cuscuta sp.*) због чега треба избегавати луцерку као предусев.

Коријандар је биљка кратке вегетације, те је после његове жетве могућа пострна сетва неке друге повртарске културе. На исто место га сејати тек након 3–4 године.

Различити типови земљишта захтевају различит начин обраде [124]. Док домаћи аутори [40, 122] наводе да основну обраду земљишта за културу коријандра треба извести у јесен, на дубини од око 30 cm, страни аутори су установили да се највећи принос коријандра добија при редукованој

обради земљишта, као и то да систем обраде земљишта нема утицаја на садржај етарског уља [47, 71].

Ипак, већина произвођача изводи неколико операција у предсетвеној припреми земљишта као што су: тањирање (ако орање није добро измрзло), дрљање и равнање земљишта. При предсетвеној припреми земљишта треба водити рачуна да корови буду уништени, јер је коријандар у почетној фази развоја на њих веома осетљив.

Највеће потребе за хранивима коријандар има у периоду цветања и наливања зрна [75]. Ђубрење треба ускладити са плодношћу земљишта. Одговор биљака на ђубрење азотом зависи од много фактора, као што су: еколошки услови, генотип, тип ђубрива и време примене [26]. Уопштено говорећи азотно ђубриво стимулише вегетативни раст и има позитиван ефекат на принос зелене масе. Међутим, код биљака чији је крајњи продукт плод, подстицање вегетативног пораста може да резултира смањењем жетвеног индекса, а такође и одлагањем цветања. У трогодишњим огледима у саксијама установљено је да ђубрење азотом повећава висину биљке, број штитова по биљци, принос семена, али смањује тежину 1000 плодова [89]. Истраживањима је утврђено је да је за принос семена од 1 t/ha потребно 33 kg азота [75]. Принос семена расте са повећањем нивоа азотног ђубрива од 30 до 90 kg/ha, док при 120 kg N/ha почиње да опада [127]. То потврђују и други аутори који наводе да се највиши приноси постижу при примени азотног ђубрива у опсегу од 50 до 60 kg N/ha [21, 110].

Истраживањима у Индији установљено је да примена урее у количини од 60 и 75 kg/ha у три наврата (1/3 пре сетве уношењем на дубину од 10 cm, и два прихрањивања пре наводњавања 30 и 75 дана након сетве) нема значајног утицаја на принос [79]. За разлику од овог истраживања, други аутори су највећи принос постигли су предсетвеном применом урее у количини од 80 kg/ha [27]. Из наведених студија се може закључити да прихрањивање азотом није оправдано, већ је предвиђену количину овог ђубрива потребно унети предсетвено.

Фосфор има значајну улогу у метаболизму коријандра [60]. Испитујући различите количине фосфорног ђубрива установљено је да принос семена расте са повећањем нивоа овог макроелемента [111]. Микроелементи као што су бакар, манган, цинк и гвожђе имају ефекта на повећање приноса, док бор нема значајног утицаја [62, 89].

У истраживањима која смо ми извели током 2011/12. године, највећи приноси су добијени при примени хемијског ђубрива. Исти закључак извели су и истраживачи из Италије, који су такође у двогодишњим огледима установили да су најпродуктивније биле парцеле ђубрене хемијским ђубривима [27].

Упркос овим истраживањима, коријандар је врло повољан за гајење у органском систему [113]. Употребом микробиолошких ђубрива (славол и бактофил) добија се повећање приноса за 3,6–4,1%, док се при примени глистењака принос повећава за 3%, а највеће повећање приноса је забележено при примени *Royal Ofert* биохумуса (око 5,7%). Ова повећања су значајна у поређењу са контролом.

Биофертилизатори у комбинацији са органским ђубривима су врло ефикасни у органском гајењу, поуздан и јефтин извор хранива [61]. Ова ђубрива су еколошки безбедна и поправљају плодност земљишта побољшањем његових физичких, хемијских и биолошких особина. Наведени аутори су утврдили да комбинована примена *Azospirillum* sp., фосфоминерализатора, 5 t/ha стајњака и 30 kg N/ha остварују највећи принос. Повећање раста и приноса може бити последица дејства биофертилизатора на фиксацију

азота, и продукцију фитохормона који делују као регулатори раста. Инокулација са *Azospirillum* sp. побољшава раст и принос семена коријандра [78]. Употреба *Azospirillum* sp., 50% азота (20 kg/ha) и 5 t/ha стајњака је најекономичнија комбинација за добијање највишег приноса семена. Примена биофертилизатора (*Azotobacter* sp. и *Azospirillum* sp.) делује позитивно на принос, а када се примени заједно са половином предвиђене дозе минералног ђубрива, постиже се готово исти принос као са пуном дозом минералног ђубрива [15]. Применом 5 kg/m² говеђег стајњака уз додаток минералног ђубрива, постиже се највећи принос плода коријандра (3 t/ha), што такође повећава и клијавост семена [14].

Повећање приноса при примени живинског ђубрива уз додаток калцијум-суперфосфата и калијум-сулфата објашњава се високим садржајем различитих хранљивих елемената и поправљањем карактеристика земљишта (повећање капацитета за воду и приступачности хранива) [42]. И вермикомпост има повољан ефекат на раст коријандра, што је вероватно условљено присуством микроорганизама који стимулишу развој ризобактерија и повећавају пораст биљака [125].

Микоризне гљиве из рода *Glomus spp.* као биолошко ђубриво постају важан фактор у повећању приступачности фосфора и микроелемената. Микориза смањује потребу за применом фосфора, без смањења приноса и утицаја на квалитет [46]. Повећање дозе азота негативно делује на микоризне гљиве. Позитиван ефекат колонизације се огледа и у заштити од земљишних патогена. Микориза повећава фотосинтезу и фитохормоне који позитивно утичу на раст биљака [12]. Биљке гајене у микоризи обично имају већу биомасу и боље развијен корен [47, 111]. Поред позитивног утицаја микоризе у условима суше, микориза има значајну улогу и на земљишту контаминираном тешким металима [45].

6.2. Семе и сетва

Коријандар се размножава искључиво директном сетвом семена у пољу. Сеје се житном сејалицом на међуредни размак 30–36 cm. У реду се сеје око 70 семена на дужном метру, на дубину од 2 до 3 cm. Сетвена норма се обично креће око 10–12 kg/ha.

Сетва се у Европи врши у пролеће, најчешће почетком априла месеца, и типови који се на овом подручју гаје обично формирају розету од 3–4 листа и могу да издрже неколико дана на температурама испод 0°C. Биљке постају осетљиве на ниске температуре после пораста стабла. При пролећној сетви дужина вегетационог периода коријандра је 80–120 дана. У семиаридним условима време сетве је један од најзначајнијих фактора који утичу на принос семена [29].

У подручјима у којима се коријандар гаји као озими усев, презимљава у фази розете, а у пролеће, са почетком вегетације, након 20–30 дана цвета, а дужина вегетационог периода му је 145–190 дана. Каснија сетва скраћује вегетациони период (на око 100 дана), редукује висину биљака, масу плодова, број штитова, биолошки принос и принос семена [64, 77, 95]. Ранија сетва омогућава коришћење повољнијих климатских услова, док каснија сетва услед ниских температура условљава лошију клијавост семена [79].

Због кратке вегетације, постоји могућност гајења ове биљке као пострног усева. У условима Ирана, након жетве јечма, у току јуна месеца извршена је сетва коријандра. При томе је остварен принос од око

1003–1300 kg/ha. Имајући у виду мала улагања, гајење ове биљке као пострног усева у условима наводњавања је економски исплативо [53].

У нашој земљи постоји неколико сорти коријандра. То су: домаћи ситнозрни из Института за проучавање лековитог биља „Др Јосиф Панчић“ из Београда и три сорте из Института за ратарство и повртарство из Новог Сада: НСБП-186, Сава и Никола. Наведене сорте имају генетски потенцијал за принос плода изнад 2500 kg/ha [11].

Клијавост семена коријандра је веома висока, обично изнад 92% [108, 112]. Међутим, сеје се рано у пролеће, када еколошки услови за клијање нису повољни, што изазива успорено и неуједначено ницање. Да би се отклонио овај негативни ефекат, примењују се различити методи третирања семена, као што је примена гиберелинске киселине, калцијум-силиката (MicroCel-E), и полиетилен гликола, који значајно утичу на повећање клијавости [30].

Истраживањем потапања семена у воду на клијавост и вигор семена коријандра утврђен је позитиван ефекат у односу на контролу [108].

Клијавост семена коријандра у Бразилу износила је 76–100% [100]. Ови аутори су утврдили да је за већину култивара оптимална температура за клијање између 15 и 30°C, док на температурама преко 35°C нема клијања вероватно због термоинхибиције.

Као метода за убрзавање клијања може да се користи и дељење семена на два мерикарпа [64]. Ово се често примењује у ген банкама и колекционим баштама у циљу добијања већег броја биљака [36].

У студији коју смо извели у циљу оцене ефикасности биофертилизатора на енергију клијања и укупну клијавост коријандра, може се закључити да испитивани препарати (*Bacillus subtilis* FZB24 и RhizoVital 42 l) повећавају клијавост са 85,5% на 85,8%, односно 90,3% што није статистички значајно [7].

У истраживању изведеном 2011/12. године утврђено је да година има значајног утицаја и на енергију клијања и на укупну клијавост. Наиме, у климатски повољнијој години (2011) енергија клијања је била 71,4%, док је укупна клијавост била 86,7%, па је и семенски материјал био бољег квалитета. Међутим, у сушној и топлој години (2012), енергија клијања је била веома ниска, свега 41,14%, док је укупна клијавост била 88,15%. Велика разлика између вредности енергије клијања и укупне клијавости доводи до неуједначеног ницања биљака у пољу, што се негативно одражава на формирање засада.

Поред године, и локалитет је значајно утицао на клијавост. Према наводима истраживача у Чилеу, услед присуства штеточине *Systole coriandri*, поједини локалитети не могу се користити за производњу семена, јер услед оштећења која изазива овај инсект, не може се постићи минимална клијавост од 65% колико је предвиђено за семенски материјал [72]. Ову штеточину смо установили и ми на локалитету Мошорин, где је енергија клијања била 36–45%, а укупна клијавост 72–73% [6].

Гранање коријандра зависи од вегетационог простора. С обзиром на тип гранања, тј. да се све гране завршавају цветом, овај параметар значајно детерминише принос плода по биљци. При међуредном размаку од 45 cm добија се највећи број штитова по биљци и маса 1000 семена, али највећи принос по хектару се остварује при 25 cm [60]. Густина усева значајно утиче на принос биљака по хектару. Сетвом у редове на удаљености од 30 cm и 30–50 биљака по метру квадратном, установљено је да је најповољније [91].

С обзиром на то да је у оквиру органске производње нови тренд здруживање усева, постоји доста радова који изучавају ову тематику. На нашем

подручју позната је комбинација коријандар–двогодишњи ким [122]. У пролеће се коријандар и ким сеју у наизменичне редове, коријандар сазрева у јулу и коси се, а редови кима се окопавају и остају на парцели. Коријандар се често здружује и са кукурузом [58, 131].

Коријандар се може гајити заједно са многим другим биљкама као што су: банана, јабука, дрвени памук, црна вигна, купус, раштан, парадајз, лук, што налази широку примену у органској пољопривреди [5].

6.3. Нега усева

Борба са коровима једна је од најзначајнијих мера неге, нарочито ако се коријандар гаји органском методом, што према регулативи ЕУ не дозвољава употребу хемикалија [28]. Корови могу значајно да смање принос и угрозе раст биљака, а у неким случајевима да доведу до хемијских промена.

Дуг период клијања отежавају и корови које треба уклањати. Коријандар је врло осетљив на корове током јувенилног стадијума, и типови који не формирају розету, нарочито захтевају заштиту од корова. У усевама коријандра услед велике закоровљености забележено је смањење приноса од чак 90% [84]. Утврђено је и да повећане дозе азотног ђубрива повећавају компетенцију корова, што такође утиче на смањење приноса коријандра [85].

Међуредно култивирање и окопавање су нарочито битни у првој фази развоја док се редови не склопе. Њихов број зависи од степена закоровљености и физичких особина земљишта. Прво култивирање или окопавање могуће је извршити када биљке формирају редове и имају 3–5 сталних листова.

Због кратке вегетације коријандар се обично не прихрањује, али ако постоји потреба за овом мером, оно се обично изводи са првим међуредним култивирањем.

Ограничено снабдевање водом је главни лимитирајући фактор за високу продуктивност биљака укључујући и коријандар. У многим семиаридним подручјима због сушног периода у току пролећа и лета није могуће гајити коријандар без наводњавања [29]. Недостатак влаге узрокује различите физиолошке и метаболичке процесе, а прилагођавање и одговор биљке на стрес узрокован сушом зависи од трајања, интензитета и развојног стадијума биљке [115]. Познато је да коријандар има велике потребе за водом у периоду ницања и пораста у стабло, док суша у завршној фази цветања условљава погоршање квалитета семена.

Суша драстично редукује принос. У Ирану, у условима суше, остварен је скоро троструко мањи принос у поређењу са наводњаваним биљкама [111], док је у Пољској, [110] у условима наводњавања, такође забележено повећање приноса плода коријандра, али не толико драстично. Наводњавање повећава приступачност хранљивих елемената и повећава њихов унос што побољшава раст и повећава принос [21].

Биљни хормони као што су етефон и прогестерон, ауксини (NAA и *Triacontanol*), као и гиберелини делују позитивно на вегетативни пораст и принос семена коријандра [42, 79, 114, 136].

Најважнији моменат у производњи коријандра је одређивање технолошке зрелости. Зрењем коријандра штитови се осипају, нарочито ако су потпуно зрели. Цветање и зрење су врло развучени, примарни штитови сазревају много раније него штитови на гранама највишег реда (што је типична стратегија корова како би се осигурала успешна репродукција).

Коријандар нападају неки специјализовани и неки општи патогени. У подручјима где се коријандар интензивно гаји, од највећег значаја су бактериозе: бактериозна пламењача коријандра и бактеријска пегавост лишћа коријандра. Неколико гљивичних болести је забележено на коријандру: *Ramularia coriandri*, *Fusarium oxysporum*, *Protomyces macrosporus*, *Erysiphe polygoni*. Такође је установљена и полифагна врста *Sclerotinia sclerotiorum*, као и *Alternaria alternata*. Само неке од ових болести су забележене у нашој земљи.

На коријандру је до сада описано неколико вируса: мозаични вирус луцерке (*Alfalfa mosaic virus*), целер мозаични вирус (*Celery mosaic virus*) и вирус прстенастих пега (*Groundnut ring spot virus*) [50, 74, 93]. У нашој земљи до сада нема података о присуству ових вируса на коријандру. Специфични инсект на коријандру је *Systole coriandri* (syn. *Systole albipennis*), која у нашој земљи представља значајан проблем.

Бактериозна пламењача коријандра (*Pseudomonas syringae* pv. *coriandricola*)

Јавља се у пољу током цветања, у виду браон лезија на свим биљним деловима. Пеге на лишћу су обично угласте, ограничене лисним нервима, и јасно су видљиве са обе стране листа. Пеге се с временом спајају у веће, и често се на околном ткиву уочава хлороза. Пеге на стаблу доводе до превременог већења биљака, а услед инфекције цвета, латице постају браон и превремено опадају. Инсекти опрашивачи носе бактерију и шире болест, која тада постаје системична. У каснијим фазама развоја, зараза плода резултира превременим зрењем плодова, који због тога постају смежурани и тамнији, а такође може изгубити и клијавост [109]. Ова болест може да редукује принос коријандра за 50% [100].

Болест се преноси семеном, а патоген има кратак животни период у биљним остацима и земљишту [106]. За сузбијање ове бактериозе може се користити потапање семена у топлој води температуре од 53°C у трајању од 30 минута, што не утиче на клијавост коријандра. Такође, може да се користи и третман сувом топлотом, у трајању од 6 дана на температури од 65°C. Од других биолошких третмана може да се користи персирфетна киселина или натријум-хипохлорит.

Бактеријска пегавост лишћа коријандра (*Xanthomonas campestris* pv. *coriandri*)

Симптоми се прво појављују у виду малих тачкица на доњем делу биљке. Центар пега брзо постаје браон, и окружен светложутим ореолом. Пеге се брзо шире и делови на којима су се јавиле се суше. Понекад се јављају хлоротични симптоми ограничени лисним нервима, тако да имају облик слова V [73].

Пегавост лишћа коријандра (*Ramularia coriandri*)

Ова болест може да буде проблем током влажног и прохладног времена, јер ова гљива фаворизује температуру од 10 до 24°C и релативну важност између 97 и 100% [16]. Тада се јављају симптоми у виду некротичних пега на листовима, у оквиру којих се јавља беличаста превлака, коју чини мицелија гљиве са конидијама.

Фузариозно увенуће коријандра (*Fusarium oxysporum*)

Симптоми фузариозног увенућа се најпре јављају на старијем лишћу, где се јавља хлороза и увенуће. Ови симптоми се брзо шире и на млађе лишће. Убрзо се јављају и некротичне пеге. Ова болест се посебно брзо

испољава у фази цветања и плодоношења биљака. Пошто је ово типични земљишни паразит, у усеву се обично јављају појединачна жаришта, која се постепено шире и проузрокују превремено изумирање биљака [51].

Галавост стабла (*Protomyces macrosporus*)

Ова болест се манифестује у виду тумора на стаблу, гранама и листовима, али и на чашици и плодовима, те редукује принос семена и његову биолошку вредност [118, 134].

Пепелница (*Erysiphe polygoni*)

Болест се јавља и на лицу и на наличју старијих листова у виду слабе мицелијске превлаке. Испод мицелијске превлаке, уочљиве су ситне некротичне пеге. Заражено лишће пожути, затим постаје пурпурно мрко [63].

Бела трулеж (*Sclerotinia sclerotiorum*)

Трулеж корена се јавља у периоду цветања и формирања семена. На приземном делу стабла такође долази до некрозе ткива, које је праћено slabим жућењем доњег лишћа, а затим брзим већењем и сушењем целе биљке [107].

Стабљична форма се обично јавља на горњој половини стабла у виду крупних некротичних пеге које често прстенасто захватају стабло, које се на том месту често ломи.

Пегавост листова, трулеж семена и пропадање клијанаца (*Alternaria alternata*)

Ова гљива се преноси и одржава семеном, на биљним остацима и у земљишту, где може да остане и више година [23]. До заразе долази у време цветања, формирања семена или чак у току или после жетве. Раније заразе доводе до изостанка формирања плода или се формира штуро семе. Уколико је зараза каснија, семе задржава клијавост и тиме представља значајан извор инокулума [23, 97].

Коријандрова оса (*Systole coriandri*)

Специфични инсект на коријандру је *Systole coriandri* (syn. *Systole albipennis*). Женке овог инсекта током цветања коријандра полажу јаја у плодник. Ларва се развија унутар плода, хранећи се ендоспермом и ембрионом [70]. Како наводи овај аутор, штете настају веома брзо након полагања јаја, али их је веома тешко уочити, јер се по спољашњем изгледу заражено семе не разликује од здравог. Неке индивидуе заврше свој развојни циклус пре зиме, и тада одрасле осе праве отворе на зиду плода и излазе напоље (слика 12). Тек тада се лако уочава присуство ове микроосице (слика 13). Међутим, извесни број јединки током зиме остаје у дијапаузи. Ларва се током дијапаузе (од августа до маја) може у складиштима уништавати фумигацијом [94]. Гајење коријандра на истој парцели у току две узастопне године повећава напад ове штеточине, у провинцији Воронеж, забележен је напад и до 86%, чиме се значајно смањује принос уља и клијавост семена. У Чилеу зараза са *Systole coriandri* је варирала између локалитета, при чему је достигала и до 75%, при чему се не може постићи минимална клијавост од 70%, колико је предвиђено за семенски материјал у овој земљи, стога се поједини локалитети не могу користити за производњу семена [72]. У истраживањима која смо извели у нашој земљи, на парцели на којој је детектована ова штеточина, у години жетве, енергија клијања коријандра у просеку је износила 38,21%, а укупна клијавост 72,75%, а након чувања од годину дана енергија клијања је пала на 16,50%, а укупна клијавост на 67,42% [6].



Слика 12. Оштећења на плодовима коријандра од *Systole coriandri*



Слика 13. Одрастао инсекат *Systole coriandri* (Александра Поповић, 2013)

6.4. Жетва, принос, прерада и калкулација производње

Зрелост семена у моменту жетве је важан фактор који утиче на принос семена и квалитет етарског уља због промена које се дешавају у току зрења плодова [128, 130]. Рана жетва доводи до смањења приноса због незрелих плодова. Садржај етарског уља у плодовима повећава се током зрења [86, 96]. Међутим, жетва у стадијуму пуне зрелости може да резултира осипањем плодова из примарних штитова, што такође смањује принос уља [128, 130].

Метод екстракције, такође има значајан ефекат на квалитет етарског уља [126]. За издвајање етарског уља најчешће се користе три главне технике: дестилација воденом паром, екстракција органским растварачима (Soxhlet) и екстракција гасовима под притиском [82]. Свака од ових техника има своје предности и недостатке.

Жетва може бити извршена на два начина: ручно (на мањим површинама) и комбајнима.

Уколико се врши ручна жетва, пошто плодови не сазревају равномерно, саветује се да се биљке чупају (када је стабљика променила боју из зелене у браонжуту, биљке се лако чупају и плодови се мање осипају него при сечењу). Потом се везују у снопове и остављају на њиви или преносе у заштићен простор на дозревање. Након тога се млађењем зрна лако одвајају из штитова. Ручна жетва даје већи принос по хектару, али захтева 19,83 сата по хектару људског рада [112].

Вршидба комбајнима се изводи када је влага око 20% (када се изгуби типичан мирис зелене биљке). Приликом жетве треба водити рачуна о томе да се плодови што мање ломе, јер је проценат ломљених зрна ограничен на 8% из разлога што ломљена зрна брзо губе етарско уље. Коријандар се жање житним комбајном, и неопходно је вештачко сушење, јер се плодови складиште са 9% влаге.

Према истраживањима која смо ми извели [2, 3, 9, 10], постигнут је принос зрна од 559 до 3168 kg/ha што је у границама резултата које су добили и истраживачи у Италији, који истичу да се принос зрна коријандра креће од 395 до 3304 kg/ha [29].

Установили смо такође да количина падавина снажно утиче на принос, што потврђују и други аутори [18, 21, 29, 111]. У сушним условима принос може да се смањи и до 60%, што потврђују и наши резултати. У годинама са просечном количином падавина за наше услове, просечан принос је био од 1866 kg/ha (2010) до 2117 kg/ha (2011), док је у години са знатно више падавина током вегетационог периода 2470 kg/ha (2010. година), а у сушној години остварени принос је знатно мањи, свега 900 kg/ha (2012).

Трошкови производње коријандра су релативно ниски, међутим, трошкови прераде (чишћење семена, дорада и транспорт) значајни су фактори који утичу на профитабилност семенског усева [117].

Сушење је нарочито важно ако су временски услови током периода зрења били неповољни [36]. Вештачко сушење се обично врши у шаржним сушарама [81], а природно на сунцу. За смањење влаге са 28,2 на 11,4% на сунцу је потребно 27–31 сунчаних сати, што је око 3 дана [32].

Дестилација етарског уља најчешће се изводи воденом паром. Претходно плод треба самлети како би се етарско уље што брже издвојило. Млевењем плода, тј. смањењем величине честица, значајно се повећава коефицијент екстракције услед повећања контактне површине [55, 82, 119]. Битно је истаћи и то да самлевени материјал не сме да стоји и чека већ се мора одмах дестилисати, јер уље лако испарава.

Након екстракције етарског уља остаци (уљане погаче) садрже масти и протеине па се могу користити за исхрану животиња, и то искључиво преживара због високог садржаја несварљивих влакана [36, 98].

Принос етарског уља по хектару директно зависи од приноса плода по хектару и садржаја етарског уља у плодовима. Према истраживањима страних аутора са једног хектара коријандра може се добити од 3,5 до 6,1 kg/ha етарског уља до око 20 kg/ha [18, 111]. У нашим истраживањима принос етарског уља је био од 6,68 до 19,94 kg/ha.

У свакој производњи најбитнији моменат је калкулација. Откупна цена плода коријандра по килограму је око 0,5 €. Према калкулацији стручњака из Института за проучавање лековитог биља „Др Јосиф Панчић“, при планираном приносу од 1200 kg/ha, вредност производа је око 600 €, док су трошкови производње 530 €, те је добит свега око 70 € [39].

Међутим, коријандар гајен у систему органске пољопривреде постиже значајно већу цену, око 4 € за килограм (цена на зеленој пијаци код произвођача Јанош Фарго из Орома), те се из овога може закључити да је производња коријандра на овај начин много исплативија.

7.

Индекс појмова

- Alternaria alternata* 44, 45
 α -пинен 23, 24, 25, 26, 27
азотофиксирајуће бактерије 22
антибактеријске особине 29
антиоксиданс 29
антхелминтик 29
- болести 44
- висина биљака 10, 11, 15
витамини 21
- гајење 39
 γ -терпинен 24, 25, 26
- дијабетес 29
- екстракција 46
Erisyphe polygoni 45
етарско уље 21, 22, 23
- зачин 8, 9
- инсектицид 29
- камфор 24, 27
канцер 29
- лимонен 23
линалол 23, 24, 25, 26
линолна киселина 27
- масно уље 21, 27
мерикарп 16
- микоризне гљиве 22
морфолошке карактеристике 10
- олеинска киселина 27, 28
- палмитинска киселина 27, 28
петроселинска киселина 27, 28
Protomyces macrosporus 45
Pseudomonas syringae pv. *coriandricola* 44
- Ramularia coriandri* 44
- Sclerotinia sclerotiorum* 45
Systole coriandri 45
- транс-2-деценал 23
- употреба 29
услови успевања 32, 33
- фенолне киселине 21
фенолошке фазе 30, 31, 32
фитостероли 28
Fusarium oxysporum 44
- хетерофилија 11
Xanthomonas campestris pv. *coriandri* 44
- шизогени канали 18
шизокарп 16
штеточине 44
штит 11
штитић 11

8.

Литература – References

1. Abou-Aly H.E. and Gomaa A.O. (2002): Influence of combined inoculation with diazotrophs and phosphate solubilizers on growth, yield and volatile oil content of coriander plants (*Coriandrum sativum* L.). Bulletin of Faculty of Agriculture – University of Cairo, 53:99–113.
2. Acimovic M. and Oljaca S. (2011): Productive properties of coriander in organic and conventional cropping system. Book of abstracts, 14 th International Biosymposium, incl. 14. Alpe Adria Biosymposium, Maribor, 15th to 19th November 2011, p 24.
3. Acimovic M., Oljaca S., Jacimovic G., Drazic S. and Tasic S. (2011): Benefits of environmental conditions for growing coriander in Banat Region, Serbia. Natural Product Communications, 6(10):1465–1468.
4. Aćimović M. (2013): Produktivnost i kvalitet kima, anisa i korijandra u sistemu organske poljoprivrede. Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet Zemun, Univerzitet u Beogradu, стр. 9, 52, 122, 129, 133, 149.
5. Aćimović M. and Oljača S. (2013): Mogućnosti primene kima, anisa i korijandra u organskoj proizvodnji. Biljni lekar, 4:460–466.
6. Aćimović M., Đukanović L., Oljača S., Vuga-Janjatov V., Oljača M. and Popović A. (2013): Ispitivanje klijavosti korijandra (*Coriandrum sativum* L.). Selekcija i semenarstvo, 19(1):27–34.
7. Aćimović M., Jaćimović G., Oljača S., Sharaf-Eldin M., Djukanović L. and Vuga-Janjatov V. (2011): Efikasnost biofertilizatora na klijavost i prinos kima, anisa i korijandra. Letopis naučnih radova, Poljoprivredni fakultet u Novom Sadu, 35(1):67–74.
8. Aćimović M., Oljača S. and Dražić S. (2012): Upotreba korijandra (*Coriandrum sativum* L.). Lekovite sirovine, Beograd, 31(31):67–82.
9. Aćimović M., Oljača S., Biserčić D., Vilovski P., Dražić S. and Tasić S. (2011): Produktivnost korijandra (*Coriandrum sativum* L. var. *microcarpum* DC.) u organskom sistemu gajenja. V simpozijum sa međunarodnim učešćem “Inovacije u ratarskoj i povrtarskoj proizvodnji”. Beograd, 20–22. oktobar 2011, Zbornik izvoda, pp. 47–48.
10. Aćimović M., Oljača S., Dražić S., Tasić S., Vilovski P. and Vučković J. (2011): Uticaj biološkog i hemijskog đubriva na prinos ploda i etarskog ulja korijandra. Arhiv za poljoprivredne nauke, Vol. 72, No. 258, pp. 25–33.
11. Adamović D. (1994): Novostvorene sorte korijandra NSBP-186, Sava i Nikola i pitome nane Danica. Medicinal Plant Report, 1(1):48–52.
12. Ali F.S., Zayed G., Saad O.A. and Abdul-Mohsen E. (2009): Optimisation of nitrogen fertilizer level for maximum colonisation of mycorrhizae on roots of coriander plants. African Crop Science Conference Proceedings, 9:117–122.
13. Allahmoradi P., Ghobadi M. and Taherabadi S. (2013): Assessing cardinal temperature for germination in coriander (*Coriandrum sativum*), saifon

- (*Onobrychis vicifolia*) and bitter vetch (*Vicia ervilia*). Annual Review and Research in Biology, 3(4):881–887.
14. Alves E.U., Oliveira A.P., Bruno L.A.R., Sader R. and Alves A.U. (2005): Yield and physiological quality of coriander seeds cultivated with manure and mineral fertilizer. *Revista Brasileira de Sementes*, 27(1):132–137.
 15. Amin I.S. (1997): Effect of bio- and chemical fertilization on growth and production on *Coriandrum sativum*, *Foeniculum vulgare* and *Carum carvi* plants. *Annals of Agricultural Science Moshtohor*, 35(4):2327–2334.
 16. Andreeva L.T. (1980): The features of conidial germination and the development of *Ramularia coriandri* Moesz & Smarods in the Krasnodar region. *Mikologiya i fitopatologiya*, 14(1):45–51.
 17. Anwar F., Sulman M., Hussain A.I., Saari N., Iqbal S. and Rashid U. (2011): Physicochemical composition of hydro-distilled essential oil from coriander (*Coriandrum sativum* L.) seeds cultivated in Pakistan. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(15):3537–3544.
 18. Arganosa G.C., Sosulski F.W. and Slikard A.E. (1998): Seed yields and essential oil of Northern-grown coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants*, 6(2):23–32.
 19. Barros L., Duenas M., Dias M.I., Sousa M.J., Santos-Bulega C. and Ferreira I.C.F.R. (2012): Phenolic profiles of in vivo and in vitro grown *Coriandrum sativum* L. *Food Chemistry*, 132:841–848.
 20. Bhuiyan N.I., Begum J. And Sultana M. (2009): Chemical composition of leaf and seed essential oil of *Coriandrum sativum* L. from Bangladesh. *Bangladesh Journal of Pharmacology*, 4:150–153.
 21. Bhunia S.R., Ratnoo S.D. and Kumawat S.M. (2009): Effect of irrigation and nitrogen on water use, moisture extraction pattern, nitrogen uptake and yield of coriander (*Coriandrum sativum* L.) in north-western irrigated plains of Rajasthan. *Journal of Spices and Aromatic Crops*, 18(2):88–91.
 22. Boselah N.A.E. (1995): Effect of different levels of salinity on growth, yield and volatile oil constituents of coriander (*Coriandrum sativum* L.) plants. *Annals of Agriculture Science, Moshohor*, 33(1):345–358.
 23. Bulajić A., Djekić I., Lakić N., and Krstić B. (2009): The presence of *Alternaria spp.* on the seed of *Apiaceae* plants and their influence on seed emergence. *Archive of Biological Science, Belgrade*, 61(4):871–881.
 24. Cahoon E.B. and Ohlrogge J.B. (1994): Metabolic Evidence for the Involvement of a [δ]-4-Palmitoyl-Acyl Carrier Protein Desaturase in petroselinic acid synthesis in coriander endosperm and transgenic tobacco cells. *Plant Physiology*, 104(3):827–837.
 25. Cahoon E.B., Shanklin J. and Ohlrogge J.B. (1992): Expression of a coriander desaturase results in petroselinic acid production in transgenic tobacco. *Proceedings of the National Academy of Sciences. USA* 89:11184–11188.
 26. Carrubba A. (2009): Nitrogen fertilization in coriander (*Coriandrum sativum* L.): a review and meta-analysis. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89:921–926.
 27. Carrubba A. and Ascolillo V. (2009): Effects of organic and chemical N-fertilization on yield and morphobiological features in coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Acta Horticulturae (ISHS)* 826:35–42. <http://www.agrinovazione.regione.sicilia.it/>
 28. Carrubba A., Calabrese I. and Ascolillo V. (2009): Non-chemical weeds management in two Mediterranean culinary herbs. *Acta Horticulturae (ISHS)* 826:51–58. <http://www.agrinovazione.regione.sicilia.it/>
 29. Carrubba A., la Torre R., Saiano F. and Alonzo G. (2006): Effect of sowing time on coriander performance in a semiarid Mediterranean environment. *Crop Science*, 46:437–447.

30. Cepecka E., Szalacha E., Dabrowska B., Suchorska-Tropilo K. and Wiewiora B. (2003): Influence of presowing conditioning and fungicide application on the seed and seedling vigour and yield of coriander (*Coriandrum sativum* L.) seeds. *Acta Horticulturae*, 598:265–270.
31. Cha E. Won M. and Lee D. (2009): Analysis of flavor composition of coriander seeds by headspace mulberry paper bag micro-solid phase extraction. *Bulletin of the Korean Chemical Society*, 30(11):2675–2679.
32. Chauhan P.M., Choudhury C. and Garg H.P. (1996): Comparative performance of coriander dryer coupled to solar air heater and solar air-heater-cum-rockbed storage. *Applied Thermal Engineering*, 16(6):475–486.
33. Chen Q., Yao S., Huang X., Luo J., Wang J. and Kong L. (2009): Supercritical fluid extraction of *Coriandrum sativum* and subsequent separation of isocoumarins by high-speed counter-current chromatography. *Food Chemistry*, 117:504–508.
34. Coskuner Y., Karababa E. (2007): Physical properties of coriander seeds (*Coriandrum sativum* L.). *Journal of Food Engineering*, 80:408–416.
35. Deng C., Song G., Hu Y. and Zhang X. (2003): Determination of the volatile constituents of Chinese *Coriandrum sativum* L. by gas chromatography – mass spectrometry with solid-phase microextraction. *Chromatographia*, 57(5/6):357–361.
36. Diederichsen A. (1996): Coriander (*Coriandrum sativum* L.). Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 3, ed. Institute of plant genetics and crop plant research, Gatersleben/International plant genetic resources institute, Rome, Italy.
37. Diederichsen A. and Hammer K. (2003): The intraspecific taxa of coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Genetic Resources and Crop Evolution*, 50:33–63.
38. Divya P., Puthusseri B. and Neelwarne B. (2012): Carotenoid content, its stability during drying and the antioxidant activity of commercial coriander (*Coriandrum sativum* L.) varieties. *Food Research International*, 45:342–350.
39. Dražić S. (2004): Gajenje ljekovitog bilja. Counterpart International, Brčko Distrikt, BiH, pp. 31–33, 80.
40. Đorđević V. (2002): Gajenje lekovitog bilja. Nolit, Beograd, pp. 24–25.
41. Ebrahimi S.A., Hadian J. and Ranjbar H. (2010): Essential oil compositions of different accessions of *Coriandrum sativum* L. from Iran. *Natural Products Research*, 24(14):1287–1294.
42. El-Mekawey M.A.M., Ali M.A.M., Awad A.E. and Hassan H.M.S. (2010): Effect of fertilization and growth regulators on *Coriandrum sativum* L. plants productivity under North Sinai conditions. *Journal of agricultural research Kafr El Sheikh University*, 36. (<http://www.kfs.edu.eg/agre/mag/files/Septemper2010/5.pdf>)
43. Eyres G., Dufour J.P., Hallifax G., Sotheeswaran S. and Marriott P.J. (2005): Identification of character-impact odorants in coriander and wild coriander leaves using gas chromatography-olfactometry (GCO) and comprehensive two-dimensional gas chromatography-time-of-flight mass spectrometry (GC x GC-TOFMS). *Journal of Separation Science*, 28:1061–1074.
44. Fan X. and Sokorai K. (2002): Changes in volatile compounds of γ -irradiated fresh cilantro leaves during cold storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50:7622–7626.
45. Farahani H.A., Lebaschi M.H. and Hamidi A. (2008): Effects of arbuscular mycorrhizal fungi, phosphorus and water stress on quantity and quality characteristics of coriander. *Advances in Natural and Applied Sciences*, 2(2):55–59.
46. Farahani H.A., Lebaschi M.H., Hussein M., Hussein S.A., Reza V.A. and Jahanfar D. (2008): Effects of arbuscular mycorrhizal fungi, different levels of phosphorus and drought stress on water use efficiency, relative water content and proline accumulation rate of coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Journal of Medicinal Plants Research*, 2(6):125–131.

47. Farahani H.A., Valadabadi S.A. and Khalvati M.A. (2009): Interactive effects of P supply and drought on root growth of the mycorrhizal coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Journal of Plant Breeding and Crop Science*, 1(5):217–222.
48. Ferraro V., Grosso C., Burillo J., Urieta J.S., Langa E., Figueiredo A.C., Barroso J.G., Coelho J.A. and Palavra A.M. (2005): Comparison between coriander volatile oils obtained by supercritical CO₂ extraction and hydrodistillation. *Proceeding of 10th European Meeting on Supercritical Fluids*, N 18, Colmar, France.
49. Figueiredo R.O., Marques M.O.M., Nakagawa J. and Ming L.C. (2004): Composition of coriander essential oil from Brazil. *Acta Horticulturae (ISHS)*, 629:135–137.
50. Fletcher J.D. (1989): Additional hosts of alfalfa mosaic virus, cucumber mosaic virus, and tobacco mosaic virus in New Zealand. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 17(4):361–362.
51. Frużyńska-Jóźwiak D. and Andrzejak R. (2007): The incidence of diseases and pathogenic fungi on selected medicinal and spice plants in the area of Poznań. *Phytopathologica Polonica*, 46:47–51.
52. Ghannadi A. and Sadeh D. (1999): Volatile constituents of the fruit of *Coriandrum sativum* L. from Isfahan. *DARU Journal of Pharmaceutical Sciences* 7(4):12–14.
53. Ghobadi M.E. and Ghobadi M. (2010): The effects of sowing dates and densities on yield and yield components of coriander (*Coriandrum sativum* L.). *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 70:81–84.
54. Gil A., de la Fuente E.B., Lenardis A.E., Pereira M.L., Suarez S.A., Bandoni A., van Baren C., Lira P.D.L. and Ghera C.M. (2002): Coriander essential oil composition from two genotypes grown in different environmental conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(10):2870–2877.
55. Grosso C., Ferraro V., Figueiredo A.C., Barroso J.G., Coelho J.A. and Palavra A.M. (2008): Supercritical carbon dioxide extraction of volatile oil from Italian coriander seeds. *Food Chemistry*, 111(1):197–203.
56. Hadjmohammadi M. and Sharifi V. (2009): Investigation of optimum extraction conditions for determination of quercetin and kaempferol in coriander (*Coriandrum sativum* L.) by using experimental design and HPLC. *Journal of Food and Drug Analysis*, 17(4):293–299.
57. Hadžović S. and Pilipović S. (1999): Ljekovito bilje i izrada preparata iz ljekovitog bilja. Šahinpašić, Sarajevo, pp. 157–158.
58. Hugar H.Y. and Palled Y.B. (2008): Effect of intercropped vegetables on maize and associated weeds in maize-vegetable intercropping systems. *Karnataka J. Agricultural Sciences*, 21(2):159–161.
59. Hussien M.S. (1995): Response of growth, yield and essential oil of coriander and dill to different nitrogen sources. *Egyptian Journal of Horticulture*, 22:1–10.
60. Ibadullah J., Sajid M., Shah A.H., Rab A., Khan N.H., Wahid F.I., Rahman A., Alam R. and Alam H. (2011): Response of seed yield of coriander to phosphorus and row spacing. *Sarhad Journal of Agriculture*, 27(4):549–552.
61. Kalidasu G., Sarada C. and Reddy T.Y. (2008): Efficacy of biofertilizers on the performance of rainfed coriander (*Coriandrum sativum*) in vertisols. *Journal of Spices and Aromatic Crops*, 17(2):98–102.
62. Kalidasu G., Sarada C. and Reddy T.Y. (2008): Influence of micronutrients on growth and yield of coriander (*Coriandrum sativum*) in rainfed vertisols. *Journal of Spices and Aromatic Crops*, 17(2):187–189.
63. Kalra A., Parameswaran T.N., Ravindra N.S. and Dimri B.P. (1995): Effect of powdery mildew (*Erysiphe polygoni*) on yields and yield components of

- early and late maturing coriander (*Conundrum sativum*). Crops and Soils, 125(3):395–398.
64. Kapoor R., Giri B. and Mukerji K.G. (2002): Mycorrhization of coriander (*Coriandrum sativum* L.) to enhance the concentration and quality of essential oil. Journal of the Science of Food and Agriculture, 82:339–342.
65. Kaya N., Yilmaz G. And Telci I. (2000): Agronomic and technological properties of coriander (*Coriandrum sativum* L.) populations planted on different dates. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 24:355–364.
66. Kerrola K. and Kallio H. (1993): Volatile compounds and odor characteristic of carbon dioxide extracts of coriander (*Coriandrum sativum* L.) fruits. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 41:785–790.
67. Kerton M., Newbury J.H., Hand D. and Pritchard J. (2009): Accumulation of calcium in the centre of leaves of coriander (*Coriandrum sativum* L.) is due to an uncoupling of water and ion transport. Journal of Experimental Botany, 60(1):227–235.
68. Kiralan M., Calkoglu E., Ipek A., Bayrak A. and Gurbuz B. (2009): Fatty acid and volatile oil composition of different coriander (*Coriandrum sativum*) registered varieties cultivated in Turkey. Chemistry of Natural Compounds 45(1):100–102.
69. Kišgeci J. (2002): Lekovito bilje: gajenje, sakupljanje, upotreba. Partenon, Beograd.
70. Kovach D.A., McClurg S.G., Widrechner M.P., Brenner D.M. and Gardner C.A.C. (2006): Liquid nitrogen controls seed-borne chalcids without reducing germination in coriander seeds. Seed Science and Technology, 34:669–679.
71. Kucharski W.A., Mordalski R. and Zielarskich P. (2008): Comparison of efficiency of coriander (*Coriandrum sativum* L.) cultivation in ecological and conventional system. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, 53(3):152–155.
72. Lamborot C.L., Paredes B.F.R., Arretz V.P., Guerrero S.M.A. and Araya C.J. (1994): A contribution to the knowledge of the coriander seed chalcid, *Systole coriandri* (Gussakovsky) (Hymenoptera: Eurytomidae). Investigacion Agricola, 14(1–2):49–53.
73. Lee Y.A. and Lui Y.H. (2004): First report of bacterial leaf blight of coriander caused by *Xanthomonas campestris* pv. *coriandri* in Taiwan. Plant Disease, 88(8):910.
74. Lima M.F., Ávila A.C., Wanderley G.L.J.Jr., Nagata T. and Gama L.J.W. (1999): Coriander: A new natural host of Groundnut ring spot virus in Brazil. Plant Dis. 83:878.
75. Lopez Camelo L.G., Heredia O.S. and Gil A. (1995): Nitrogen, phosphorus, and potassium accumulation in coriander (*Coriander sativum* L.). Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants, 3(4):35–40.
76. Lopez P.A., Widrechner M.P., Simon P.W., Rai S., Boylston T.D., Isbell T.A., Bailey T.B., Gardner C.A. and Wilson L.A. (2008): Assessing phenotypic, biochemical and molecular diversity in coriander (*Coriandrum sativum* L.) germplasm. Genetic Resources and Crop Evolution, 55:247–275.
77. Luayza G., Brevedan R. and Palomo R. (1996): Coriander under irrigation in Argentina. pp. 590–594. In: J. Janick (ed.), Progress in new crops. ASHS Press, Arlington, VA.
78. Malhotra S.K., Vashishtha B.B. and Apparao V.V. (2006): Influence of nitrogen, *Azospirillum* sp. and farmyard manure on growth, yield and incidence of stem gall disease in coriander (*Coriandrum sativum* L.). Journal of Spices and Aromatic Crops, 15(2):115–117.

79. Meena S.S., Sen N.L. and Malhotra S.K. (2006): Influence of sowing date, nitrogen and plant growth regulators on growth and yield of coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Journal of Spices and Aromatic Crops*, 15(2):88–92.
80. Melo R.A., Menezes D., Resende L.V., Wanderlay Junior L.J.G., Melo P.C.T., Santos V.F. (2009): Morphological characterization of coriander genotypes. *Horticultura Brasileira*, 27(3):371–376.
81. Merino A., Ferrer J., Gomez J., Canales E. and Borquez R. (2008): Modeling of coriander seeds drying in an impingement dryer. *Drying Technology*, 26:283–289.
82. Mhemdi H., Rodier E., Kechaou N. and Fages J. (2011): A supercritical tuneable process for the selective extraction of fats and essential oil from coriander seeds. *Journal of Food Engineering*, 105:609–616.
83. Misharina T.A. (2001): Influence of the duration and conditions of storage on the composition of the essential oil from coriander seeds. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 37(6):622–628.
84. Morales-Payan J.P., Santos B.M. and Stall W.M. (1997): Effect of increasing purple nutsedge (*Cyperus rotundus*) densities on cilantro (*Coriandrum sativum*) yield. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, 110:318–320.
85. Morales-Payan J.P., Santos B.M., Stall W.M. and Bewick T.A. (1999): Influence of nitrogen fertilization on the competitive interactions of cilantro (*Coriandrum sativum*) and purple nutsedge (*Cyperus rotundus*). *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants*, 6(4):59–66.
86. Msaada K., Hosni K., Taarit M.B., Ouchikh O. and Marzouk B. (2009): Variation in essential oil composition during maturation of coriander (*Coriandrum sativum* L.) fruits. *Journal of Food Biochemistry* 33:603–612.
87. Nambiar V.S., Daniel M. and Guin P. (2010): Characterization of polyphenols from coriander leaves (*Coriandrum sativum*), red amaranthus (*A. paniculatus*) and green amaranthus (*A. frumentaceus*) using paper chromatography: and their health implications. *Journal of Herbal Medicine and Toxicology*, 4(1):173–177.
88. Neffati M., Sriti J., Hamdaoui G., Kchouk M.E. and Marzouk B. (2011): Salinity impact on fruit yield, essential oil composition and antioxidant activities of *Coriandrum sativum* fruit extracts. *Food Chemistry*, 124:221–225.
89. Nowak J. and Szemplinski W. (2011): Effect of nitrogen and boron fertilization on the morphometric features and yield of coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Acta Scientiarum Polonorum, Agricultura*, 10(3):111–118.
90. Oganessian E.T., Nersessan Z.M. and Parkhomenko A.Y. (2007): Chemical composition of above-ground part of *Coriandrum sativum*. *Pharmaceutical Chemistry Journal*, 41(3):149–153.
91. Okut N. and Yidirim B. (2005): Effects of different row spacing and nitrogen doses on certain agronomic characteristic of coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 8(6):901–904.
92. Oliveira A.P., Araujo L.R., Mendes J.E.M.F., Dantas Junior O.R. and Silva M.S. (2004): Effect of phosphorus fertilization on the yield of coriander in soil with low levels of phosphorus. *Horticultura Brasileira*, 22(1):87–89.
93. Oliveira M.L. and Kitajima E.W. (1981): Biological properties of celery yellow mosaic virus. *Fitopatologia Brasileira*, 6:35–46.
94. Ostrovskii N.I. (1940): A bio-chemical method for the determination of the death of the larvae of *Systole coriandri* Nik. after fumigation of seeds. *Bulletin of Plant Protection*, 4:53–56.
95. Ozel A., Gonul I. and Erden K., (2009): The effect of different sowing dates on yield and some plant properties of coriander in Harran plain conditions. *Journal Agric. Fac. Harran Univ.* 13:41–48.
96. Pande K.K., Pande L., Pande B., Pujari A. and Sah P. (2010): Gas chromatographic investigation of *Coriandrum sativum* L. from Indian Himalayas. *New York Science Journal*, 3(6):43–47.

97. Pant R. (2011): Seed mycoflora of coriander and effect of some fungal metabolite on seed germination and seedling growth. *Asian Journal of Experimental Biological Science*, 2(1):127–130.
98. Parthasarathy V.A., Chempakam B. and Zachariah T.J. (2008): *Chemistry of spices*. CAB International, Cambridge.
99. Pathak N.I., Kasture S.B. and Bhatt N.M. (2011): Phytochemical screening of *Coriander sativum* Linn. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 9(2):159–163.
100. Pereira R.S., Muniz M.F.B. and Nascimento W.M. (2005): Aspects related to coriander seed quality. *Horticultura Brasileira*, 23(3):703–706.
101. Putievsky E. (1983): Effect of day-length and temperature on growth and yield components of three seed spices. *Journal of Horticultural Sciences*, 58(2):271–275.
102. Raal A., Arak E. and Orav A. (2004): Chemical composition of coriander seed essential oil and their conformity with EP standards. *Agraarteadus*, 15(4):234–239.
103. Ramadan M.F. and Mörsel J.T. (2002): Oil composition of coriander (*Coriandrum sativum* L.) fruit seeds. *European Food Research and Technology* 215:204–209.
104. Ramezani S., Rahmanian M., Jahanbin R., Mohajeri F, Rezaei M.R. and Solaimani B. (2009): Diurnal changes in essential oil content of coriander (*Coriandrum sativum* L.) aerial parts from Iran. *Research Journal of Biological Sciences*, 4(3):277–281.
105. Ravi R., Prakash M. and Bhat K.K. (2007): Aroma characterization of coriander (*Coriandrum sativum* L.) oil samples. *European Food Research and Technology*, 225:367–374.
106. Refshauge S.J., Nayudu M., Vranjic J. and Bock C.H. (2010): Infection and dispersal processes of *Pseudomonas syringae* pv. *coriandricola* on coriander. *Phytopathologia Mediterranea*, 49:42–50.
107. Reis A. and Nascimento W.M. (2011): New apiaceous hosts of *Sclerotinia sclerotiorum* in the Cerrado region of Brasil. *Horticultura Brasileira*, 29:122–124.
108. Rithichai P., Sampantharat P. and Jirakiattikul Y. (2009): Coriander (*Coriandrum sativum* L.) seed quality as affected by accelerated aging and subsequent hydropriming. *Asian Journal of Food and Agro-Industry, Special Issue*: 217–221.
109. Roberts S. and Green K. (2010): Coriander bacterial blight. <http://www.hdc.org.uk/publication/1610-coriander-bacterial-blight>
110. Rzekanowski C., Marynowska K., Rolbiecki S. and Rolbiecki R. (2007): Effect of irrigation and nitrogen fertilization on the yield of coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Herba-Polonica*, 53(3):163–169.
111. Sani B. and Farahani H.A. (2010): Effect of P₂O₅ on coriander induced by AMF under water deficit stress. *Journal of Ecology and the Natural Environment*, 2(4):52–58.
112. Santos B.E.P. and Salazar E.I.E. (2008): Production and post harvest handling of coriander seed. *Acta Agronomica Palmira*, 57(3):187–193.
113. Sarada C. and Kalidasu G. (2008): Threats in production of coriander (*Coriandrum sativum*) in Andhra Pradesh. *Journal of Spices and Aromatic Crops*, 17(2):158–162.
114. Sarada C., Giridhar K. and Reddy T.Y. (2008): Effect of bio-regulators and their time of application on growth and yield of coriander (*Coriandrum sativum*). *Journal of Spices and Aromatic Crops*, 17(2):183–186.
115. Saxena S.N., Kakani R.K., Saxena R. and Anwer M.M. (2010): Effect of water stress on seed quality of coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Journal of Spices and Aromatic Crops*, 19(1–2):53–56.

116. Seher A. and Gundlach U. (1982): Isomeric monoenoic acids in vegetable oils. *Fette, Seifen, Anstrichmittel*, 84(9):342–349.
117. Simon J.E. (1990): Essential oils and culinary herbs. pp. 472–483. In: J. Janick and J.E. Simon (eds.), *Advances in new crops*. Timber Press, Portland, OR.
118. Singh H.B., Singh A., Tripathi A., Rai S.K., Katiyar R.S., Johri J.K. and Singh S.P. (2003): Evaluation of Indian coriander accessions for resistance against stem gall disease. *Genetic Resources and Crop Evolution* 50:339–343.
119. Smallfield B.M., Van Klink J.W., Perry N.B. and Dodds G. (2001): Coriander spice oil: effects of fruit crushing and distillation time on yield and composition. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 49:118–123.
120. Sriti J., Wannas W.A., Talou T., Mhamdi B., Cerny M. and Marzouk B. (2010): Lipid profiles of Tunisian coriander (*Coriandrum sativum*) seed. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 87:395–400.
121. Sriti J., Wannas W.A., Talou T., Mhamdi B., Hamdaoui G. and Marzouk B. (2010): Lipid, fatty acid and tocol distribution of coriander fruit's different parts. *Industrial Crops and Products* 31:294–300.
122. Stepanović B. (1983): Proizvodnja lekovitog i aromatičnog bilja. Novinarsko-izdavačka radna organizacija „Zadruga“, Beograd.
123. Šilješ I., Grozdanić Đ., Grgesina I. (1992): Poznavanje, uzgoj i prerada ljekovitog bilja. Školska knjiga Zagreb.
124. Takele E. (2001): Cilantro production: sample costs and profitability analysis. University of California, Agriculture and Natural Resources. (<http://anrcatalog.ucdavis.edu/pdf/8029.pdf>)
125. Tamilarasi S., Nanthakumar K., Karthikeyan K. and Lakshmanaperumalsamy P. (2008): Diversity of root associated microorganisms of selected medicinal plants and influence of rhizomicroorganisms on the antimicrobial property of *Coriandrum sativum*. *Journal of Environmental Biology*, 29(1):127–134.
126. Taskinen J. and Nykanen L. (1975): Volatile constituents obtained by the extraction with alcohol-water mixture and by steam distillation of coriander fruit. *Acta Chemica Scandinavica B*, 29:425–429.
127. Tehlan S.K. and Thakral K.K. (2008): Effect of different levels of nitrogen and leaf cutting on leaf and seed yield of coriander (*Coriandrum sativum*). *Journal of Spices and Aromatic crops*, 17(2):180–182.
128. Telci I., Bayram E. and Avci B. (2006): Changes in yields, essential oil and linalool contents of *Coriandrum sativum* varieties (var. *vulgare* Alef. and var. *microcarpum* D.C.) harvested at different development stages. *European Journal of Horticultural Science*, 71(6):267–271.
129. Telci I. and Hisil Y. (2008): Biomass yield and herb essential oil characters at different harvest stages of spring and autumn sown *Coriandrum sativum*. *European Journal of Horticultural Science*, 73(6):267–272.
130. Telci I., Toncer, O.G. and Sahbaz N. (2006): Yield, essential oil content and composition of *Coriandrum sativum* varieties (var. *vulgare* Alef and var. *microcarpum* DC.) grown in two different locations. *Journal of essential oil research (JEOR)*, 18(2):189–193.
131. Thavaprakash N. and Velayudham K. (2005): Effect of crop geometry, intercropping systems and INM practices on weed dynamics and yield of baby corn. *Mysore Journal of Agricultural Sciences*, 45(4):853–860.
132. Thies W. (1993): Determination of the petroselinic acid content in seeds of *Coriandrum sativum* by Gas Liquid Chromatography. *Fat Science Technology* 95:21–23.
133. Tomitaka Y., Karimata A. and Noguchi A. (2001): Effect of daylight on the flower bud differentiation and development in coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Journal of Agricultural Science, Tokyo University of Agriculture*, 46(3):196–200.

134. Tripathi A.K., Chauhan R.K.S., Bartaria A.M. And Chauhan S. (2003): Quantitative and qualitative loss in coriander due to *Protomyces macrosporus*. Indian Phytopathology. 56 (4):451–452.
135. Tsagkli A., Hancianu M., Aprotosoiaie C., Cioanca O. and Tzakou O. (2012): Volatile constituents of Romanian coriander fruit. Records of Natural Product, 6(2):156–160.
136. Verma P. and Sen N.L. (2006): Effect of plant growth regulators on vegetative growth and seed yield of coriander (*Coriandrum sativum* L.) cv. RCr-435. Journal of Spices and Aromatic Crops, 15(2):118–122.
137. Viturro C.I., Molina A.C., Villa W.C., Saavedra O.N., Zampini M., Gozalvez M. and Garcia E. (1999): Preliminary assays of adaption in Jujuy (Argentina) of *Satureja hortensis* L., *Ocimum basilicum* L. and *Coriandrum sativum* L. Acta Hort. (ISHS) 500:47–50.
138. Zawislak G. (2011): The chemical composition of essential oil from the fruit of coriander (*Coriandrum sativum* L.). Annales Universitatis Mariae Curie – Sklodowska Ljubin – Polonia, 24(2):169–175.
139. Zekovic Z., Adamovic D., Cetkovic G., Radojkovic M. and Vidovic S. (2011): Essential oil and extract of coriander (*Coriandrum sativum* L.). Acta Periodica Technologica 42:281–288.
140. Zohary D. and Hopf M. (2000): Domestication of plants in the Old World, third edition (Oxford: Oxford University Press), pp. 205–206.
141. www.agro.uba.ar/agro/ced/coriandro/clases/clase1.htm

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**

Dr. Milan S. Dimitrijević, Scientific
Advisor, President
Prof. Dr. Vaso Antunović, Vice President
Prof. Dr. Borivoj Lazić
Prof. Dr. Goran Čobeljić
Prof. Dr. Gordana Jovanović
Prof. Dr. Gordana Stanković
Prof. Dr. Dragan Ignjatović
Prof. Dr. Dragan Rudić
Prof. Dr. Dušan Mičić
Prof. Dr. Živan Maksimović
Prof. Dr. Milica Vujičić
Prof. Dr. Miloš D. Pavlović
Prof. Dr. Miodrag Bajić
Prof. Dr. Miroslav Kopečni
Prof. Dr. Ružica Nikolić
Prof. Dr. Silvana Petrović
Prof. Dr. Slavica Đukić Dejanović
Prof. Dr. Tomislav Randelović

Author

Dr. Milica Aćimović
Coriander (Coriandrum sativum L.)

Reviewers

Prof. Dr. Zora Dajić Stevanović
Dr. Snežana Pavlović, Research
Associate
Dr. Vladimir Filipović, Research
Associate

Editor

Tatjana Andrejević

Layout and prepress

Helena Mitić

Front cover illustration

Coriandrum sativum L.

Printed by

Instant system, d.o.o. Belgrade

Copies printed

500
ISSN 0354-7671
ISBN 978-86-525-0167-0

DISSERTATIO EDITION

Dr. Milica Aćimović

Coriander
(*Coriandrum sativum* L.)



Andrejević Endowment
Belgrade, 2014.

*Dedicated to my mom, for her help in researching
this plant, for her love and support.*

Contents

1.	Abstract	65
2.	Introduction	66
3.	Morphology and classification	68
3.1.	Morphological description of the plant	68
3.2.	Morphological description of the fruit	71
3.3.	Classification	73
4.	Chemical composition and use	75
4.1.	Amount of essential oil	75
4.2.	Chemical composition of the essential oils	77
4.3.	Fatty oil	80
4.4.	The use of coriander	81
5.	Phenological stages and environmental conditions	82
5.1.	Phenological stages	82
5.2.	Influence of weather conditions on phenological stages	83
5.3.	Influence of weather conditions on harvest index	89
6.	Growing technology	91
6.1.	Soil type, previous crop, primary processing and fertilization	91
6.2.	Seed and sowing	93
6.3.	Cultivation, diseases and pests	95
6.4.	Harvest, yield, processing and cost price calculation	97
7.	Index of terms	99
8.	References	49

1.

Abstract

This monograph deals with coriander as a medicinal, aromatic and spice plant. It has an extensive application in traditional and modern medicine worldwide, as well as in quotidian nutrition as a vegetable and spice.

In this monograph, we get familiar with the name of the plant, origin and history. We acquaint about morphological characteristics of coriander plant. In this work, the new classification of coriander is shown.

The monograph is a detailed analysis of the essential oil content, which is responsible for the specific smell of coriander. The essential oil is actually a mixture of volatile compounds, whose composition is completely different in green plants and mature fruit. This is the result of different chemical compositions, to which special attention has been paid. The study includes factors that affect the quantity and composition of the essential oil. In addition to the essential oil, an overview of the other compounds present in the plant is provided. This includes fatty oil, which is significantly higher than essential in mature fruit, and it is an important source of petroselinic acid.

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

As the cultivated plant is exclusively used as raw material, this monograph describes in detail the growing practices of coriander, in which the emphasis is on crop rotation, tillage and fertilization in both conventional and organic cropping system. Since coriander 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. Apart from this, the possibilities of intercropping coriander with other herbs are analyzed as well. Crop diseases and pests take up an important part in this monograph. Harvest, yield and post harvest processing are also subject, as well as the calculation of production costs.

The monograph presents the author's results in addition to the results of a number of researchers who have studied all aspects of the plant.

Key words:

- | | |
|----------------------------------|-----------------------------|
| 1. morphological characteristics | 5. environmental conditions |
| 2. essential oil | 6. growing |
| 3. uses | 7. diseases |
| 4. phenological stages | 8. pests |

2. Introduction

Coris is the ancient Greek name for bedbugs, the smell of which resembles the green parts and the unripe fruit of coriander plant (*Coriandrum sativum* L.). Unlike green plants, ripe fruit has a warm, spicy smell like a mixture of cinnamon and pepper.

The ancient literature and the archeobotanical findings support the hypothesis that the crop has its origins in the Middle East (the oldest coriander fruits were discovered in the Nahal Hemar cave in Israel and date from 6000 BC) [140]. The first reports on the use of the fruits mention its medicinal purposes and the findings from Egyptian tombs show that coriander also had a mythological significance. General references to coriander's medical use are also found in classical Greek and Latin literature. The instructions for cultivating coriander are contained in the German emperor Charlemagne's decree 'Capitulare de villis' in 812. However, the first written data about the use of the coriander fruits for medicinal purposes dates back to Ebers Papyrus (1550 BC).

It is believed that the Romans spread coriander across Europe. However, compared to some other plants, there are fewer allegations, which state that coriander was grown in ancient times. Although, the cultivation of these plants in the old world from the earliest times was widespread.

In the Middle Ages, coriander was very popular. They used to put it in love potions, cake called koriandroli, candied seeds were chewed for bad breath. It was quite common in the English kitchens until the Renaissance, when they started to use more exotic spices.

One of the most interesting legends about this plant is related to battle of Borodino, when two huge armies clashed on the battlefield – the French and Russian. The wife of General Kutuzov decided to raise the spirits of the Russian soldiers, and ordered bread to be baked with coriander seeds (called *Бородинский хлеб*). Was it the wondrous smell of freshly baked bread that reminded each man of home or the great courage and resolution of Russian soldiers that completely destroyed the French army? After this, Borodinski bread has become a symbol of love for the motherland.

Today, coriander is grown in almost all agricultural areas, with the exception of tropical regions that are unfavorable for the ripening of fruits and where this plant is grown as a vegetable (e.g. Cuba). However, it is not a crop of great commercial importance, because it is mostly grown in the gardens, so the area of its production is difficult to assess. The worldwide production of coriander may be estimated at approximately 550,000 ha per year. The annual production of coriander fruits may be estimated at about 600,000 t [36].

Interest in growing coriander has increased in recent times, especially in developing countries, where people are progressively turning to alternative treatments, primarily traditional medicine, which has almost disappeared during the industrialization. Nowadays, modern scientific methods confirmed numerous medicinal properties of this plant, and it quickly found its place in people's lives, as a spice, medicine or functional food.

3.

Morphology and classification

This chapter provides a detailed description of the plant and the fruit of coriander with pictures. In addition, there is an overview of five morphological traits (plant height, number of umbels per plant, umbel diameter, the number of seeds in an umbel and a thousand seed weight), which were followed up in 2011 and 2012, on the three experimental fields in Vojvodina Province. This section presents the latest classification of coriander, which is based on morphological characteristics and properties of essential oils unlike the old one just based on the concept of the size of the fruit.

3.1. Morphological description of the plant

“Coriander ($2n = 22$) is an herbaceous plant with tap root system. The colour of the more or less ribbed stem is green and sometimes turns red or violet during the flowering period. The stem of the adult plant is hollow, and its basal parts can reach a diameter of up to 2 cm” [4, pg 9]. Stem branch is sympodial, which means that when the terminal bud forms a flower (primary umbel), axillary bud becomes the new leader branch. When it forms a flower (secondary umbel), another bud takes over the direction of the main axis of growth. This is repeated throughout the growth of the plants (so that higher order umbels are formed). Each branch finishes with an inflorescence. At flowering, the glabrous plant can reach heights between 20 and 130 cm.

In the studies that were carried out during two years (2011/12) at three locations in Vojvodina Province (Mošorin, Veliki Radinci and Ostojićevo) by the implementation of six different types of fertilizer (control, Slavol, Bacto-Fil, Royal Ofert biohumus, vermicompost and chemical NPK fertilizer), plant height ranged from 57.83 cm to 102.17 cm. It may be noted that all the studied factors had a statistically significant influence on this parameter. This is shown in Table 1.

It was determined that the year significantly influenced the plant height. During both years, the total amount of precipitation in the territory of Vojvodina during the growing season (April–September) was about 240 mm. However, in 2012, during the spring season (March–May) temperatures were slightly higher than average and more precipitation than usual was recorded, which resulted in significantly higher average plant height (83.45 cm) compared to 2011 (72.24 cm) when the inflow of rainfall during the spring months was significantly lower than normal.

By examining a large number of samples of coriander, also during these two years, it was found that in the year with less precipitation followed by moderate

temperatures, plant height was lower than in moister year but with higher maximum temperatures [76], which is identical to our findings. In studies done in Italy, plant height ranged from 58.3 cm (a dry year) to 88.8 cm (with an average rainfall for the growing region) depending on climatic conditions [29], while, in another study by the same authors, plant height ranged from 92.9 cm to 122.2 cm on average in the year of prolonged vegetation due to low temperatures and high rainfall [28]. According to numerous researches in Iran, results indicate that drought has a significant negative effect on the plant height [45, 47, 111].

Significant differences were observed in plant height, depending on the locality. The highest plants were recorded in locality Mošorin (90.47 cm) and the shortest in Ostojićevo (63.41 cm). The locality where the plants are grown can have a significant role in establishing the height due to differences in soil type and microclimatic conditions. Studies indicate that phosphorus has a significant impact on plant height, because the application of 93 and 112 kg P₂O₅/ha resulted in the highest plants [92]. This may be related to the fact that the amount of phosphorus in the soil at the locality Mošorin is 81.6 mg/100 g of soil.

“In our experiments, the application of various types of fertilizers significantly influenced the plant height. The shortest plants were recorded in the control and the application of all tested fertilizers, except vermicompost, is significant for this parameter” [4, pg 133].

Numerous studies determined a positive impact on the amount of nitrogen on coriander. Also, the combination of nitrogen fertilizer with biofertilizers and manure produces positive effects on a plants’ height. The literature has noted that the application of poultry manure increased plant height [15, 42, 61,127].

Heterofily (diversifolious) of coriander is very visible. The first true leaf is roundish, coarsely toothed and with shallow incisions in the upper third (Picture 1a). The leaves that form a rosette on long petioles, simple, dentate in shape, are usually divided into three lobes (Picture 1b). The leaves on the flowering stem are divided to a greater extent (Picture 1c). Apical leaves are tiny, lanceolate or even reduced thread-like (Picture 1d).

Picture 1. Coriander leaves (a – the first real leaf, b – leaf from rosette, c – leaf on the flowering stem, d – apical leaf) (see page 12)

Inflorescence is a complex umbel (Picture 2), which consists of a number of umbelletus (Picture 3a). Umbelletus is on the handles of different lengths, so that all the flowers are on the same level. Usually, the number of umbelletus in the umbel ranges from 2 to 8, but the number varies significantly depending on the environmental conditions.

Picture 2. Coriander inflorescence (see page 13)

Picture 3. Umbelletus (a), central (b) and peripheral flower (c) [36] (see page 14)

In our experiments, we found that a single plant could form from 20.50 to 36.84 umbels. This was parameter significantly affected by all studied factors (conditions, the site and applied fertilizer) (Table 1).

In 2011, plants formed significantly more umbels (29.49) compared to the 2012 (26.42 umbels per plant). This can be explained by the fact that in 2012, the rainfall was mainly concentrated during spring months, when the plants were in the vegetative stage of development. However, during the generative stages (flowering, fruit formation and ripening), there was a lack of rainfall accompanied by high temperatures (in 2011, recorded temperatures were 1.6 °C higher compared to long time average and in 2012, by 2.4 °C; the number of

days with temperatures over 35 °C in 2011 was 5, while in 2012 there were 16 very hot days). This had a negative impact on the formation of coriander flowers. The significant effect of the conditions on the number of umbels per plant was found by other authors as well [27, 28].

The impact of the locality on the number of umbels per plant is associated with a higher amount of phosphorus in the soil at the locality Mošorin, where it reached an average of 33.61 umbels per plant, while the location of Veliki Radinci recorded 26.87, and the locality Ostojićevo 23 umbels per plant. The results of other authors suggest that most of the umbels (40.5) were obtained in the application of the maximum amount of phosphorus (45 kg/ha), which is about 40% higher compared with the control [60].

When the impact of different types of fertilizers on the formation number of umbels per plant is in question, it can be said with the application of chemical fertilizer NPK plants formed an average of 29.29 umbels. This was significantly higher compared with the control, where the plants formed 27.11 umbels.

Table 1. Plant height, number of umbel per plant and umbel diameter in two years investigation conducted in Vojvodina Province

		Plant height (cm)	Number of umbel per plant	Umbel diameter (cm)	Number of fruit per umbel
	2011	72,24	29,49	4,25	40,33
	2012	83,45	26,42	4,14	36,17
Locality (B)	Mošorin	90,47	33,61	4,23	42,06
	V.Radinci	79,67	26,87	4,15	39,81
	Ostojićevo	63,41	23,39	4,19	32,86
Fertilizer (C)	Control	75,61	27,11	4,11	37,34
	Slavol	77,89	28,21	4,25	38,00
	BactoFil	79,02	27,74	4,17	38,28
	Royal Ofert	77,65	28,09	4,16	38,36
	vermicompost	76,84	27,30	4,23	38,65
	NPK	80,08	29,29	4,25	38,85
Significance of F–test for each source of variation					
	A	1,13	1,14	ns	1.04
	B	1,39	1,40	ns	1.28
	C	1,96	1,98	ns	ns
	AB	2,77	ns	ns	2.55
	AC	ns	ns	ns	ns
	BC	ns	ns	ns	ns
	ABC	ns	ns	ns	ns

ns – not significant

In addition to the number of umbels, we followed their diameter, which ranged from 3.25 to 5.75 cm. The diameter of the umbel is not affected by any of the investigated factors, so it can be concluded that this parameter shows great stability, and is genetically determined (table 1). In studies of other authors, umbel diameter varied between 3.69 and 8.69 cm [27, 28, 29]. These authors found that the differences between years show that the climatic conditions are the main factor explaining the variation (60%).

By symmetry coriander, flowers are aktinomorphic (central flowers of the umbel) and zigomorphic (inflorescences periphery). The central flowers are round with small curved petals (Image 3b), while the peripheral are asymmetrical

(petals facing the outside of the umbel are longer) (Image 3c). Petal color is white or pale pink.

In addition to the flowers in the umbel being of different shapes, they are of different sexes. Hermaphrodite flowers are on the border and in the center umbels. Between them is a ring of male flowers. Protandry is present in hermaphrodite flowers (earlier development of stamens than the pistil). The relationship between hermaphrodite and male flowers depends on the position in the stem. For example, the ratio of the primary umbels of hermaphrodite and male flowers was 1:0.5 and it increased with the hierarchy of the flowers, so in the flowers of the highest order that ratio is 1:3.9. Therefore, the primary umbels contain the largest number of fruits. Number of fruits in umbels does not depend only on the hierarchy of flowers, but also the weather conditions during flowering, as mentioned before [141].

Coriander flower has five sepals that surround stylopodium (extension called the hand stamp, which all of the plants of the family Apiaceae have) that is visible during the ripening of fruits. Five sepals, as well as coronal petals in the peripheral flowers, have different shapes. In the flower, five filaments are localized between five flower petals. The flower also contains a disc-shaped nectaries. The ovary is inferior, containing two carpels, and every carpel has one seed embryo.

The number of fruits in the umbel depends on the number of flowers in the umbel. In the studies that we have carried out over two years, we found that this parameter ranged from 26.75 to 42.88. By reviewing the literature, it is found that the number of seeds in the umbel ranges from 7.3 to 42.2, whereas in the experiments in pots with nutrient solution a significantly higher fruit production is achieved, even 371.9 grains in the umbel [53, 78, 89].

In 2011, there was a considerably higher number of seeds in the umbel (average 40.33) in comparison to the 2012 (36.17), it is also shown in Table 1. In addition to the conditions, the impact of the locality was determined. The plants grown at the locality Mošorin formed the highest number of fruits during both years. Other researchers found that this parameter increases in the application of fertilizers and irrigation [21, 78, 89].

3.2. Morphological description of the fruit

The fruit (schizocarp) is round or oval, yellow-brown in color, and usually does not decay spontaneously into two mericarps (Picture 4). Two mericarps have a tough pericarp, a convex outside, while the inside is concave and membranous. Each mericarp has six longitudinal, right ribs on the convex side, alternately set with five wavy, often seen with difficulty major ribs. There are two ribs at the place where the mericarps coalesce. Cross section of fruit (Picture 5) shows that there is a cavity in the center in which the carphophore (axle that holds the two fruits together) is visible.

Picture 4. Coriander fructus (see page 16)

Picture 5 Cross section of the coriander fruit 1) main ribs 2) right ribs 3) pericarp 4) vittae 5) carphofore 6) endosperm 7) embrio [36] (see page 17)

One of the important characteristics of the seed is thousand seed mass. In our research, this parameter ranged from 7.09 to 10.62 g. It may be noted that during the less favorable year for the growth and development of coriander (2012) a lower weight of 1000 seeds was recorded (table 2). In 2011, the average weight

of 1000 seeds amounted to 8.88 g which was about 6.83% higher than the weight of fruit in 2012. In adverse conditions plants formed less fruit, as it was noted, and confirmed by our research. Similarly, the locality has a significant impact on the 1000 seed weight, which is probably due to the microclimatic conditions during grain filling.

In our experiments, the use of different types of fertilizers did not affect the weight of 1000 seeds. In the experiments carried out by other researchers, it was concluded that although nitrogen fertilization does not affect this parameter, the application of small amounts of nitrogen gets the highest seed weight. With increasing the amount of nutrients, the seed weight decreases. It is also found that the application of manure, along with 75% and 100% of the recommended amounts of nitrogen, as well as and their combination with biofertilizers, significantly increases 1000 seed weight. While only *Azospirillum* sp. along with 50% of the recommended amount of nitrogen does not affect this parameter [78, 89].

In addition to the seed weight, these dimensions are also significant: height and width. In the research we performed in 2012, the length of the seed ranged from 3.68 to 4.14 mm, while the width varied between 2.90 and 3.39 mm. In Table 2 it is shown dimension of coriander seed in our investigation. From the table below it can be seen that tested factors did not affect the seed dimension, i.e. this parameters shows great stability, and it is genetically determined as umbel diameter.

The study of the parameters done by scientists in Turkey, found that the length of coriander fruit varies between 4.61 and 4.74 mm, and width from 3.67 to 3.94 mm [34]. Research in Brazil with ten cultivars of coriander found that the length varies from 3.79 to 4.44 mm, and width from 3.13 to 3.53 mm, while the length to width ratio is ranged from 1.15 to 1.27 [80].

Table 2. Thousand seed mass and seed dimension in two years investigation conducted in Vojvodina Province

		Thousand seed weight (g)	Seed dimension	
			Висина (mm)	Ширина (mm)
Year (A)	2011	8,88	3,86	3,12
	2012	8,32	3,81	3,10
Locality (B)	Mošorin	8,36	3,88	3,09
	V. Radinci	8,00	3,76	3,01
	Ostojićevo	9,44	3,86	3,24
Fertilizer (C)	Control	8,58	3,79	3,12
	Slavol	8,58	3,90	3,13
	BactoFil	8,50	3,85	3,13
	Royal Ofert	8,57	3,85	3,12
	vermicompost	8,73	3,78	3,08
	NPK	8,64	3,84	3,10
	Significance of F–test for each source of variation			
	A	0,14	ns	ns
	B	0,17	ns	ns
	C	ns	ns	ns
	AB	0,35	ns	ns
	AC	0,25	ns	ns
	BC	0,43	ns	ns
	ABC	0,61	ns	ns

ns – not significant

By microscopy of coriander fruit, it can be seen that the egzocarp consists of epidermal cells polygonal form with stoma. Through the parenchyma of mesocarp permeates the layer of parenchyma cells that spread to the side and go into the main ribs. Commissure on these sclerenchymatous cells are pretty solid, and only separated by a narrow band of parenchyma cells on the borderline between two mericarps. When these points are pressed, the result is the separation into two mericarps. The main ribs are the core, and the secondary extend to sclerenchymatous cells. Ripe fruit has got just the commissure mericarp and two shizoginic channels with essential oil. Endocarp is composed of a row of long, narrow cells, thin membrane, sometimes imperceptibly lignified. Tegument turns cells brown. The endosperm cells thick membranes are in oleoplazm aleuronic cells with relatively large rosettes of calcium oxalate [57].

3.3. Classification

The most common classification of coriander is into two groups based on fruit size: large seed type or Moroccan (*Coriandrum sativum* L. var. *vulgare*) whose fruit is 3–6 mm in diameter, and small seed type or Russian (*Coriandrum sativum* L. var. *microcarpum* D.C.), whose fruit is 1.5–3 mm in diameter. However, in recent times, using the classification based on morphological characteristics and properties of the essential oil from the fruits of coriander, three intraspecific groups and ten varieties of coriander are described [37]. The difference in the shape and size of the fruits of these varieties is shown in Picture 6.

Picture 6. The difference in the size and shape of the coriander fruits: a – subsp. *sativum* (type from the Middle East), b and c – subsp. *microcarpum* (type from Ethiopia and type from Caucasus), and d – subsp. *indicum* [37]. (see page 19)

• subsp. *sativum*

This subspecies of coriander usually has 1–3 basal leaves and the longest basal leaf is longer than 15 cm. Plants are usually 50–70 cm high, and there are less than 35 umbels per plant. It forms large fruit, with a weight of 1000 fruits usually much higher than 9 g. This subspecies is characterized by low content of essential oil (in most cases less than 0.7%) and camphor share of 1–3%. It also contains myrcene and limonene. It is characterized by a short juvenile period, early flower and ripening. This is the dominant form of coriander in North Africa, Europe, the Middle East, Central and South America. There are two varieties:

- var. *sativum* – fruits rarely spontaneously split into two mericarps, and the thousand seed weight is usually up to 14 g;
- var. *africanum* – fruits often spontaneously split into two mericarps, and the thousand seed weight is often greater than 14 g.

• subsp. *microcarpum*

This subspecies has at least 3 basal leaves, and the longest basal leaf is usually longer than 10 cm. Plants are mostly higher than 70 cm, with many lateral branches formed with more than 30 umbels per plant. The fruits are small, the weight of 1000 fruits was less than 10 g. Essential oil content is high, and the proportion of camphor in the essential oil of the fruits is greater than 2%. Plants of this subspecies have a long juvenile period, late flowering and ripening. Grown in Europe and Asia, it is considered to originate from Caucasus. This

subspecies has four varieties: var. *microcarpum*, var. *asiaticum*, var. *siriacum* and var. *vavilovii*.

- var. *microcarpum* – plants with less than ten basal leaves, which are in ground-rosette and the longest leaf is rarely longer than 25 cm. The stem and flowers are usually colored due to the presence of anthocyanins.
- var. *asiaticum* – plants with more than ten basal leaves in a rosette, the longest basal leaf is usually longer than 20 cm. The leaves are dark green in color (due to the presence of anthocyanins), the stem is colored dark purple also due to anthocyanins. It is very aromatic. With this variety, the leaves and fruits are equally used. Var. *asiaticum* is suitable for autumn sowing in areas with mild winters, with significantly increased yield during autumn sowing.
- var. *siriacum* – plants with more than 20 basal leaves that form a rosette upright and the leaves have a very low content of essential oil (less than 0.08%). There is low to medium presence of anthocyanins in the stem and flowers. The period of growth in the stem is elongated. The plant needs a lot of moisture in the early stages of development, and then it is highly resistant to drought. This variety has great potential for use as a vegetable.
- var. *vavilovii* – plants with more than 6 basal leaves, lateral branches emerge at wide angle, and on the nodes, weak colorization is observed. This variety originates from Ethiopia and is well adapted to drought conditions. The high degree of foliation in the stem makes it possible for it to be cultivated as a vegetable.

● **subsp. *indicum***

This subspecies is mainly grown for its fruit, and the leaves are sometimes used as a vegetable. Plants belonging to this subspecies have fruit slightly elongated or oval, and the proportion of camphor in the essential oil of fruits is less than 1%. Sometimes it does not contain this component, myrcene and limonene are not present or they are found in trace. This is the dominant form of coriander in India, Pakistan, Oman, Yemen, Bhutan, Sudan and Somalia. This subspecies of coriander is divided into the following varieties: var. *indicum*, var. *butanense*, var. *omanense* and var. *pygmaeum*.

- var. *indicum* – plants of medium height, usually higher than 25 cm with one or more basal leaves. Early or moderately early flower, and it still forms more than 10 umbels, and thousand seed weight is over 10 g.
- var. *butanense* – plants do not produce many leaves, the fruits are mainly used, whose essential oil is characterized by a high content of linalool. Thousand seed weight is greater than 10 g.
- var. *omanense* – plants were morphologically very similar to var. *africanum*. Low production of camphor, myrcene and limonene in the essential oil is the main feature that distinguishes it. Thousand seed weight is usually over 10 g.
- var. *pygmaeum* – plants are shorter than 25 cm, with only one basal leaf, usually very early flowering and maturing, and have a few umbels (usually less than 10). Thousand seed weight is less than 10 g. This variety is morphologically subspecies *indicum* but is geographically completely differentiated from them because it occurs in Egypt.

4.

Chemical composition and use

Coriander is very rich in active ingredients that are present in the whole plant. It was determined that mature fruit of coriander contains essential (1–2%) and fatty oil (16–28%), proteins (11–17%), cellulose fibers (23–36%) and carbohydrates (13–20%) [98, 99].

The coriander's herb essential oil content is much lower in comparison to fruit, between 0.19 and 0.56% [33, 104]. It was found that the content of essential oils is low in the early stages of plant development; however, it increases with the growth of the plant and reaches its maximum at the stage of full flowering [129]. However, the herb is rich in the complex of biologically active substances, which include phenols (129.94 mg/kg) and vitamins, especially vitamin C (160 mg/100 g fresh mass), A (12 mg/100 g fresh mass) and B12 (60 mg/100 g fresh mass), then flavonoids, phenyl carbonic acids, coumarins and amino acids [19, 38, 56, 87, 90].

Due to the complex chemical composition, coriander is widely used. It is used in all parts of the medicine, human nutrition and animal health, but also in non-food purposes.

4.1. Amount of essential oil

It was established that the genotype is a major determinant for the synthesis of secondary metabolites [54]. It has been found that there is a correlation between the content of the essential oil and the size of the seed. Small seed coriander (var. *microcarpum* D.C.) that thrives in temperate climate has smaller fruit, which usually contains 0.8–1.8% essential oil, while large seed coriander (var. *vulgare* Alef.) which is grown in tropical and subtropical climate contains significantly less essential oil (from 0.10 to 0.35%) [130].

In addition to the variety, cultivars play an important role in the amount of essential oil. In the studies that we performed with two genotypes of coriander: a small seed coriander originating from the Institute of Medicinal Plant Research "Dr. Josif Pančić" from Pančevo and the local population obtained from the growers of medicinal plants from Kulpin. We found that the essential oil content in fruits from Pančevo coriander contain 1.06% essential oil, which was significantly higher compared with the local population from Kulpin where the average essential oil content in fruits was 0.86%.

The results are shown in Table 3. It can be seen that the variety of domestic small seed coriander has a stable content of the essential oil in the fruits, which is resulting from the selection, and does not depend on conditions, while in the population from Kulpin, the amount of essential oils greatly depends on the weather conditions.

Table 3. Content of essential oil of the fruits of domestic small seed coriander grown in 2009/10 and local population grown in 2011/12.

	Domestic small seed coriander		Local population from Kulpin	
	2009	2010	2011	2012
Control	1,01	1,10	0,92	0,77
Slavol	1,08	1,00	0,91	0,73
BactoFil	1,01	1,02	0,96	0,73
Royal Ofert (biohumus)	1,04	1,04	0,96	0,78
Vermicompost	1,15	1,15	0,98	0,79
Chemical fertilizer (NPK)	1,05	1,07	0,93	0,80
Average	1,06	1,06	0,94	0,77

Weather conditions are factors that significantly affect the essential oil content in fruits. Specifically, it was found that drought particularly affects the yield of the essential oil, and that the amount is less by half during the drought [111]. Irrigation, in turn, may increase the essential oil content in the fruit for 5 to 32% depending on the rainfall during the growing season.

In the research that we did in 2011 and 2012, we have confirmed that during the favorable climate in one year the amount of essential oil of coriander fruits was higher (averaging 0.94%), while in the dry year, its concentration was significantly lower (0.77%), as it can be seen from Table 3.

One of the most important factors that influence the formation of essential oil yield is the location, i.e. latitude. Variations in essential oil content depend on the locality as was found in our research. It was performed at three locations in Vojvodina. The content of essential oil of coriander fruits ranged from 0.68 to 1.2%. The effect of the location in this case is the result of weather conditions (temperature and precipitation during the periods of flowering and ripening of fruits) and different types of soil. Other authors around the world came to the same conclusion.

Fertilization significantly influenced the content of the essential oil of the fruits of coriander. Increasing doses of nitrogen fertilizers leads to an increase in essential oil content in fruits [59, 110]. Phosphorus fertilization also increases the yield of essential oil per hectare [111]. It was found that the yield increased from 4.1 kg/ha and 5.9 to 4.6 kg/ha with the application of 35 and 70 kg/ha P_2O_5 .

Lately, arbuscular mycorrhizal and bacteria diazotrophs were studied as potential biofertilizers because they are cheap and eco-friendly alternative to chemical fertilizers. The fruits obtained from plants inoculated with mycorrhizal fungi (*Glomus macrocarpum* and *Glomus fasciculatum*) give 28–43% more essential oil in comparison to control [64]. The assumption is that the essential oil content increases in mycorrhizal due to the increased adoption of phosphorus. Applying diazotrophs bacteria and mycorrhizal phosphate solubilising bacteria with a half of the recommended dose of nitrogen fertilizer, also significantly increases the yield of essential oil [1].

However, our four-year research has not established the effect of different types of organic and mineral fertilizers on the essential oil content of coriander fruits compared with control. The results are shown in Figures 1 and 2.

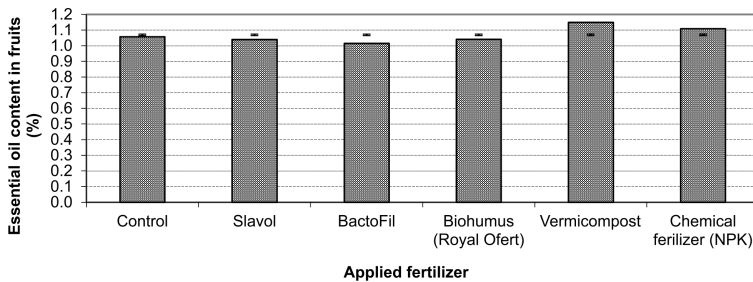


Figure 1. Essential oil content of coriander fruits (population from the Institute of Medicinal Plant Research “Dr. Josif Pančić”) (%) in 2009 and 2010 depending on the applied fertilizer

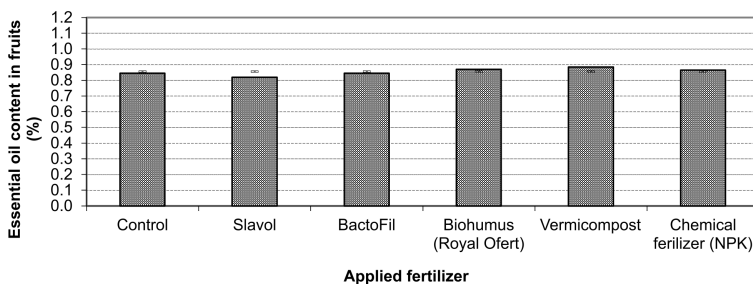


Figure 2. Essential oil content of coriander fruits (population from Kulpin) (%) in 2011 and 2012 depending on the applied fertilizer

“From these results it can be concluded that the applied biological and chemical fertilizers do not significantly affect the amount of essential oils. This can be explained by the relatively stable chemical composition of coriander, which is more dependent on the influence of genotype” [4, pg 149].

4.2. Chemical composition of the essential oils

The essential oil is in shizogenic channels that are present in all parts of the plant. The fragrance of essential oils is very intense and completely different in green plants and mature fruit. The smell is caused by chemical composition, in immature fruits and vegetative parts of the plant aliphatic aldehydes are dominant that give off a specific smell similar to bedbugs. These are *trans*-2-decenal, *trans*-2-dodecenal and *trans*-2-decenol [35, 43, 44, 129] (structural formulas of these components are shown in Picture 7). During ripening, the fruits give off a much more pleasant aroma. A major constituent of the essential oil is monoterpene alcohol linalool, whose concentration increases from 36.69% in the green fruits, to 72.35% in the fully matured ones [86]. It provides oil with a floral fragrance, but its content does not significantly affect the odor. However, other components such as α -pinene, which in higher concentrations (from 2.36 to 23.23%) gives the scent of turpentine oil, while geranyl acetate (8.95 to 24.51%) and limonene affect it and give off a smell of roses [105].

Picture 7. The structural formulas of the dominant components in the essential oil of coriander herb (see page 24)

The amount of the essential oil and its quality can vary depending on: varieties and cultivars, the geographical position of the region of production, the climate and weather conditions, soil type, agro technology, the stage in which the harvest is performed, drying, storage and applied extraction techniques [17, 43, 83, 104].

In general, we can say that the components of the essential oil of coriander are influenced by ecotype, which our research confirmed. Specifically, in studies with small seed variety of coriander, originating from the Institute of Medicinal Plant Research “Dr. Josif Pančić”, five components were identified in the essential oil, i.e. three monoterpene hydrocarbons (α - and β -pinene and limonene) and two monoterpene alcohols (linalool and borneol). These five components range from 75.47 to 76.52% in total of the identified components in the essential oil. It was found that 61.19 to 65.04% is linalool, while other components constitute 11.69 to 12.45%.

In studies with the local population of coriander Kulpin 12 to 21 components were identified, depending on the year of research, and they account for over 99% of the identified components. In this ecotype, linalool was present from 63.89 to 83.34%. The list of components identified in the research that we have done in 2011 and 2012 is presented in Table 4, as well as a graphical display of the chromatogram (Picture 8).

Table 4. The components of the essential oil of coriander fruit in 2011 and 2012

No	Component	R.T.	2011	2012
1	tricyclene	55.402	trace	0
2	α -thujene	56.323	trace	0
3	α -pinene	58.270	9.22	7.64
4	camphene	62.286	1.06	0.64
5	sabinene	69.129	0.43	0.18
6	β -pinene	70.277	0.72	0.77
7	myrcene	74.054	0.99	0.21
8	α -terpinene	82.861	trace	0
9	<i>p</i> -cymene	85.589	0.95	0.56
10	limonene	87.005	2.21	1.35
11	γ -terpinene	98.079	8.33	6.95
12	terpinolene	109.842	trace	0
13	linalool	115.735	68.33	78.13
14	borneol	141.789	0.24	0
15	terpinen-4-ol	146.842	0.11	0
16	α -terpineole	152.576	0.16	0
17	geraniol	180.724	1.14	0
18	camphor	132.597	3.58	2.56
19	myrtenyl acetate	212.670	trace	0
20	geranyl acetate	238.200	2.30	0.84
21	<i>E</i> -cariophyllene	253.685	trace	trace
			23.98	18.12
Monoterpene hydrocarbons			69.98	78.13
Monoterpene alcohols			3.58	2.56
Monoterpene ketone			2.30	0.84
Monoterpenic esters			trace	trace
Sesquiterpenes				

trace – component present less than 0.1%

Picture 8. The chromatogram of the essential oil of the fruit of coriander (see page 25)

The structural formulas of the components that are identified in the essential oil of coriander during the research 2011/12 are shown in Picture 9. These components can be divided into five classes: monoterpene hydrocarbons, alcohols, ketones, esters and sesquiterpenes.

Picture 9. The structural formulas of the components of the coriander fruit (see page 26)

Monoterpene hydrocarbons were present in average of 23.98% in 2011 and 18.12% in 2012. In 2011, tricyclene, α -terpinene and α -thujene were recorded in trace, and in 2012, their presence has not been established.

In both years, the most abundant monoterpene hydrocarbons were: α -pinene (7.64 to 9.22%), γ -terpinene (6.95 to 8.34%) and limonene (1.35 to 2.21%). It should be noted that the lower values were ascertained in 2012 and higher in 2011. Other components of this class of compounds reflected in the average, present in less than 1%, are: camphene (0.86%), β -pinene and *p*-cymene (0.75%), myrcene (0.60%) and sabinene (0.31%).

The presence of this class of compounds in the above-mentioned research was 8%, whereas in our, it was considerably higher, 16.23 to 26.12%, depending on the locality. The mentioned authors suggest that coriander originating from European countries usually contains between 16 and 30% monoterpene hydrocarbons, which is consistent with our investigation.

Monoterpene alcohols are the most frequent class of compounds in the essential oil of coriander. Almost all studies indicate that the main component of the essential oil of the ripe fruit of coriander is monoterpene alcohol – linalool, which is present from 37.65% to 79.90% [20, 41].

In our research done in 2011, in addition to linalool which was present in the highest percentage (63.89 to 73.19%), the presence of geraniol (0.17 to 1.81%), α -terpineol (on average 0.16%), terpineol-4 (0.11%) and borneol was also recorded. In 2012, only linalool was present from this class of compounds in an amount ranging from 75.19 to 83.34%.

The analysis of the essential oils of coriander seeds from European countries revealed that the major components are linalool (58.0 to 80.3%), γ -terpinene (0.3 to 11.2%), α -pinene (0.2–10.9%), *p*-cymene (0.1 to 8.1%), camphor (3.0 to 5.1%), and geranyl acetate (0.2 to 5.4%) [102]. This is entirely consistent with our study, as well as with the study in Romania, where the presence of tricyclene (to 0.1%) and 4-terpineneole (0.1 to 0.7%) was found [135].

Fruits originating in Brazil also have a similar composition to our study. Most common are linalool (77.48%), γ -terpinene (4.64%) and α -pinene (3.97%) [49]. It has been found, that there is a negative correlation between the content of linalool and other major components such as γ -terpinene, α -pinene and *p*-cymene [31, 41]. Research in Argentina also suggests that linalool was the most common component of the essential oil (68.14%), γ -terpinene was not identified and α -pinene was present in 3.31% [137].

Monoterpene ketone camphor in 2011 was present in 3.58% and in 2.56% in 2012. Camphor was considered an undesirable constituent of the coriander essential oil [36]. The same author states that the camphor content correlates with the content of limonene ($p=0.873$). Camphor was present at a concentration from 3.27 to 3.85% in our samples. In research with Italian and Spanish ecotype coriander, the amount of this compound was also relatively low 3.3% and 3.9% [48]. In other studies, the amount of camphor was much higher: 5.0 to 8.2 [126, 138, 139].

As camphor is marked as unfavourable component of essential oil, and in 2012 we recorded a small amount of camphor, a higher linalool, from which it is concluded that high temperatures and drought positively affect the quality of the essential oil of coriander.

In our research two **monoterpenic esters** were identified, myrtenyl acetate and geranyl acetate. Myrtenyl acetate was present only in traces in the essential oil in 2011, while in 2012, its presence has not been established. Geranyl acetate was present on average of 2.31% in 2011 and in 2012 only in 0.84%.

In our study, a small amount of **sesquiterpenes** was determined. Only β -caryophyllene was present in trace in both years. This is indicated by studies carried out in Europe where the class is present in 2.3% [102], as opposed to 5% in Iran [52]. The samples from Iran revealed the presence of Δ^3 carene (9.7%) and neryl acetate (2.3 to 14.2%), which were not identified in our samples [41, 52].

4.3. Fatty oil

In the fatty oil, as with the essential oil, differences in content occur depending on a number of agents. The content of fatty oil in the mature seeds ranges from 12 to 25%, depending on the environmental conditions. Small seed coriander is richer in fatty oil than the large seed. Fatty oil is mainly concentrated in the endosperm (22.65%), while in the pericarp it is significantly lower [68, 98, 121].

In the fatty oil of coriander there are 9 to 12 fatty acids [86, 103, 120], which are shown in Picture 10. The above authors suggest that the most common fatty acid is petroselinic (65.7 to 76.6%). The highest recorded value of petroselinic acid in coriander in literature is 91%, and the lowest is 36% [116, 132].

Picture 10. The structural formulas of the fatty acids from the fatty oil coriander (see page 28)

Petroselinic acid is a specific monounsaturated fatty acid, oleic acid isomer, characterized by a chain of 18 carbon atoms and a double bond in the *cis* configuration on the sixth carbon atom (6-oktadecenoic acid). It is accumulated in the endosperm of coriander, but it is not present in the leaves or other tissues of the plant [24, 25].

Linoleic acid is the second most present fatty acid and it ranges from 13.0 to 16.7%, followed by oleic acid (5.4%), palmitic acid (3.4%), stearic (0.7%), as well as a number of fatty acids present in less than 0.5% (palmitoleic, arachidic, myristic, γ -linolenic, α -linolenic, gadoleic, cetoleic, docosahexanoic). During the storage period of spices, free fatty acids gradually decrease, which is a good indicator of the age of the material [98].

Accumulation of fatty oil increases during the ripening stage of the fruit (green fruits 19.1% to fully matured 26.4%). During fruit formation, monounsaturated fatty acids are present in 32.1%. The ratio of saturated and unsaturated fatty acids is reduced during the ripening from 0.5 to 0.3 [86].

Neutral lipids are most abundant in the fatty oil of coriander (over 90%), most of which are triacylglycerols (TAG), followed by glycolipids (2.42%) and phospholipids (1.94%).

Coriander is a good source of phytosterols. Their content is estimated to be 5186 mg/g of oil, which is 0.51% of the total lipids [103]. The most common is the stigmasterol (29.8%) and β -sitosterol (28.2%), as well as the Δ^5 -avenasterol (23.8%) and campesterol (9.80%). The presence of Δ^7 -stigmasterol 16.3%

stigmasterol and Δ^5 -9.2% is also determined. Tocols are estimated to be 327.47 mg/g seed. Dominant tocol is γ -tocotrienol 238.40 $\mu\text{g/g}$ seeds (72.8% of all tocols), and from the tocopherols γ -tocopherol (8.06%) and α -tocopherol [120].

4.4. The use of coriander

“In many countries and cultures, coriander has a long history of use as a spice, but also for the treatment of digestive system, disorders such as abdominal pain, bloating and pain in the stomach. It is often recommended to use coriander in insomnia and anxiety. It also stated that coriander is effective as an analgesic and antirheumatic. This herb is also used as the anthelmintic for *Ascaris lumbricoides* and *Pheretima posthuma*, but also for treatment of urinary tract, i.e. diseases such as inflammation of the bladder and urethra infections. It is also used for the extraction of heavy metals from the organism. In particular, great attention is paid to its antibacterial and antioxidant properties. It was found that coriander has an antimicrobial effect on a large number of gram positive and gram-negative bacteria and fungi, and could, therefore, be used for the development of a new range of antibiotics herbal formulation. Oxidative stress leads to certain diseases such as rheumatoid arthritis, atherosclerosis, neurodegenerative diseases, cancer and diabetes. A number of studies have confirmed its antioxidant activity. It is believed that coriander plant is a very promising antioxidant. Because of its aromatic properties, it is used as a dietary supplement, but also as a dressing. It is often added to biscuits, as well as a preservative in meat industry as an addition to sausages, in pickled vegetables. It is an essential part of curry powder, one of the most popular spices of Indian cuisine. It is also introduced in animal nutrition. As an integral component of fish food, it is a significant immunostimulant and detoxifier. In sheep and goats, the plant reduces parasites (*Haemonochus contortus*), in broiler chickens and Japanese quails, it significantly improves the growth and health condition. In the non-food purposes, essential oil of coriander is used in perfume and tobacco industry, while the fatty oil is used for biodiesel production” [8, pg 82].

“This plant is also important in organic agriculture. The flowers of coriander are rich in pollen and nectar, which makes them excellent pasture for bees, but they are attractive for a number of other beneficial insects such as predators and parasitoids of pests. Therefore, this plant is often grown around crops as a protective strip or even with other cultures. The result of this is a reduction in number of the many insect pests and nematodes. It was found that the essential oil of coriander acts as an insecticide to storage pests, but also to the pathogenic fungi and bacteria, which can be used for the production of environmentally friendly products in the technology of fruits and vegetables and for seed treatment, which makes it highly important in organic production” [5, pg 460].

5.

Phenological stages and environmental conditions

This chapter describes the phenological stages of coriander and its requirements for moisture, temperature and light during the growing season, as well as during certain phenological stages. In addition, the yield of vegetative mass of the plant and fruit yield per plant is shown, depending on weather conditions. Harvest index represents the ratio of above-mentioned parameters.

5.1. Phenological stages

The vegetation period of coriander lasts 80–120 days, duration of which depends primarily on weather conditions [36]. Coriander plant development was monitored daily, and it is shown in Picture 11. During the growing season, we found five phenological stages. These are:

1. germination,
2. forming a leaf rosette,
3. stem elongation,
4. flowering, and
5. maturation.

Picture 11. Phenological stages of coriander (see page 30)

“Based on two years of experiments carried out at three locations, it is shown that there no differences in the length of the coriander growing season as well as the duration of individual phenological stages depending on the applied fertilizer. Differences existed in the locality and years” [4, pg 122].

From Figure 3 it can be seen that the vegetation period of coriander lasted 104–123 days, and in 2011 it lasted longer (an average of 120.3 days) compared to 2012 (104.7 days).

According to literature, 15–20 days passed from sowing to germination [39, 69, 122]. In the studies that we presented during 2011/12, the period of germination lasted 14–19 days. Germination is referred to as the emergence of cotyledons above ground. Coriander sprouts have two lanceolate cotyledons with poorly expressed nervous. Hypocotyl is long and thin.

This period is followed by a period of formation of the leaf rosette, which ends with stem elongation. This is the longest period and it lasts 30–40 days. In our study, the formation of the leaf rosette lasted from 40 to 43 days.

From stem elongation to flowering, coriander needs 15–20 days, which is the case in our experiments.

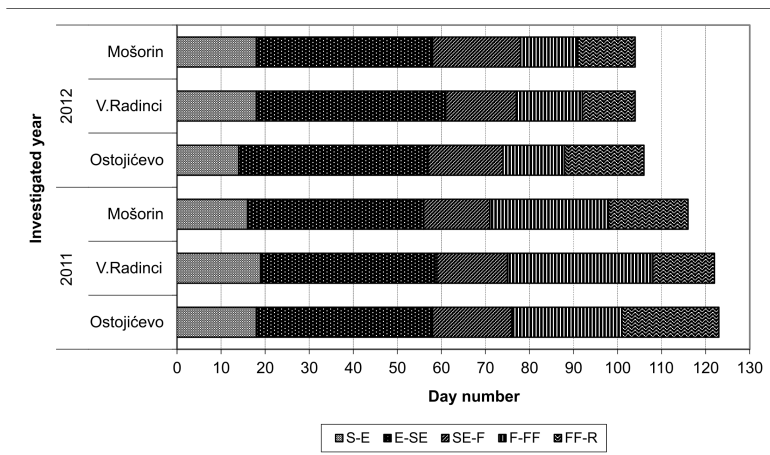


Figure 3. Duration of phenological stages of coriander plants depending on the weather conditions (S – sowing, E – emergence, SE – stem elongation, F – flowering, FF – fruit formation, R – ripening).

With this phenological stage, juvenile development is finished. The duration of juvenile period makes up for 62% and 73% of the growing season. This coincides with other researchers who pointed out that the juvenile phase made up for more than 50% of the growing season [29].

Generative phase of development starts with the flowering, which in our experiments lasted 13–33 days, while according to literature, flowering takes 10–20 days or 25–35 days, with the strongest intensity of flowering in the first 15 days [122, 123]. There is data, which states that if the sowing is done early, flowering is longer and more abundant. This takes even 35–45 days [39, 69].

Flowering begins with the primary umbel, and this process lasts 5–7 days per umbel.

Ripening in our study lasted 12–22 days, and it is stated in the literature that this period lasts 20–40 days [123].

5.2. Influence of weather conditions on phenological stages

As already noted, the duration of phenological stages is mostly affected by weather conditions during the year. The two years in which our study was carried out were significantly different.

The amount of rainfall during the growing season (April–September) in 2011 was an average of 239 mm, and in 2012 about 223 mm. As can be seen from Table 5, the amount of rainfall in both years was significantly lower compared with long time average (359 mm). According to literature, coriander can be grown in areas with more than 200 mm of rainfall during the growing season [36]. It can be concluded that in our climatic and soil conditions, this plant had enough moisture for successful cultivation.

However, it should be noted that in 2011 the vegetation period of coriander lasted an average of 120 and, in 2012, 105 days. In the first year, there was more rainfall during the growing season (183.3 mm), most of which was evenly distributed over all five phenological stages. Second year of investigations (2012)

was drier in comparison to the previous (an average amount of precipitation at all three localities was 165.0 mm). Most of the rainfall was concentrated in the period from sowing to start of flowering (around 90%), while the period from flowering to harvest was characterized by drought (Table 6).

Table 5. Precipitations (mm) during vegetation period (April–September) during 2011 and 2012 at all three locations

Month	Locality†	Investigated year		Long time average*
		2011	2012	
IV	Mošorin	17	83	51
	V.Radinci	14	85	52
	Ostojićevo	33	60	48
	Average	21	76	50
V	Mošorin	65	52	61
	V.Radinci	61	71	56
	Ostojićevo	44	48	53
	Average	57	57	57
VI	Mošorin	37	28	85
	V.Radinci	70	27	82
	Ostojićevo	31	20	68
	Average	46	25	78
VII	Mošorin	62	48	65
	V.Radinci	93	39	65
	Ostojićevo	100	50	59
	Average	85	46	63
VIII	Mošorin	2	4	61
	V.Radinci	4	0	63
	Ostojićevo	11	6	55
	Average	6	3	60
IX	Mošorin	23	14	52
	V.Radinci	19	14	53
	Ostojićevo	30	21	48
	Average	24	16	51
Total for vegetation period		239	223	359

†Data obtained from nearest Meteorological station (MS); for Mošorin–MS Novi Sad, for V.Radinci–Ms Sremska Mitrovica, and for Ostojićevo–MS Kikinda (Republic Hydrometeorological Service Serbia).

*Long time averages is for period 1971–2000.

Table 6. Precipitations (mm) during phenological phases of coriander in 2011 and 2012 at all three localities

Phenological stages	2011				2012			
	M	R	O	X	M	R	O	X
Germination	7	15	5	9.0	33	49	42	41.3
Forming a leaf rosette	61	63	55	59.7	101	104	51	85.3
Stem elongation	33	60	9	34.0	27	18	17	20.7
Flowering	36	16	48	33.3	1	6	2	3.0
Maturation	14	87	41	47.3	10	0	34	14.7
Sum	151	241	158	183.3	172	177	146	165.0

M-Mošorin, R-Veliki Radinci, O-Ostojićevo, X-average for all three localities

Because of the underdeveloped root, coriander has a great need for moisture, especially during the juvenile period. After the stem elongates, plants become more tolerant to drought [36]. Because of this fact, it can be said that greater amounts of moisture during the juvenile stages in 2012 led to the plants being

significantly higher than in 2011 (table 1). However, the lack of rainfall during the generative phases in 2012 led to the formation of a small number of umbels per plant, and small number of fruits in the umbels (table 1), as well as a smaller 1000 seed mass (table 2). It all had a negative effect on the grain yield.

Average daily temperatures during two investigated years were significantly higher than long time average (Table 7). It can also be said that 2012 was warmer in comparison to 2011. The largest positive deviation from the long time average was recorded during summer months, when coriander was in a generative stage of development, which, together with the lack of moisture negatively affected the yield.

The lowest temperature necessary for germination is 4–6 °C. With a temperature increase, germination process is faster. At temperatures of 15–17 °C germination takes two weeks [36]. The highest percentage of seed germination of coriander is reached at temperatures from 20 to 25 °C. The highest temperature for this process is 35 °C [13].

Research in Germany shows that coriander survives extended periods at low temperatures of -15 °C. Autumn sowing is practiced mainly in Ukraine, where cultivated ecotypes have well-developed leaf rosettes due to which they are more tolerant to low temperatures. High temperatures and sunny weather during the flowering positively affect fruit yield and essential oil content.

Table 7. Average daily temperatures (°C) during vegetation period (April–September) during 2011 and 2012 at all three localities

Month	Locality†	Investigated year		Long time average*
		2011	2012	
IV	Mošorin	13.4	13.0	11.3
	V.Radinci	13.1	12.8	11.3
	Ostojićevo	13.3	13.3	11.4
	Average	13.3	13.0	11.3
V	Mošorin	16.4	17.1	16.9
	V.Radinci	16.2	17.0	16.8
	Ostojićevo	16.5	17.1	17.0
	Average	16.4	17.1	16.9
VI	Mošorin	21.1	22.6	19.9
	V.Radinci	20.9	22.3	19.7
	Ostojićevo	21.4	22.9	20.0
	Average	21.1	22.6	19.9
VII	Mošorin	22.0	25.0	21.6
	V.Radinci	22.1	25.0	21.2
	Ostojićevo	22.0	25.1	21.8
	Average	22.0	25.0	21.5
VIII	Mošorin	23.1	24.1	21.1
	V.Radinci	22.8	23.6	20.7
	Ostojićevo	22.7	23.7	21.1
	Average	22.9	23.8	21.0
IX	Mošorin	21.2	20.2	16.8
	V.Radinci	21.0	19.8	16.5
	Ostojićevo	21.0	20.3	16.8
	Average	21.1	20.1	16.7
Average for vegetation period		19.5	20.3	17.9

†Data obtained from nearest Meteorological station (MS); for Mošorin–MS Novi Sad, for V.Radinci–Ms Sremska Mitrovica, and for Ostojićevo–MS Kikinda (Republic Hydrometeorological Service Serbia).

*Long time averages is for period 1971–2000.

The concentration of the essential oil in the fruit decreases at temperatures above 21 °C, and it is believed that the ideal temperature for the grain filling is 15–18 °C. [77]. Research suggests that the highest yield is achieved in cold wet summers [98]. The length of the growing season and effective daily temperature affect the accumulation of essential oils (more essential oil forms if daily effective temperatures are high during the growing season) [66].

The effect of high and low temperatures on the essential oil content was confirmed by our research. “Although weather conditions did not significantly influence the essential oil content in fruits, in 2010, when the average temperature during the growing season was lower, the plants accumulated more essential oil (1.064%) compared to the warmer 2009 (1.057%)” [3, pg 1468].

“During 2011, flowering lasted 25–33 days, and in 2012 it was significantly shorter (only 13–15 days) as a result of adverse weather conditions (lack of moisture and high average daily temperature)” [4, pg 122]. At this phenological stage, there are significant differences depending on the weather conditions. This stage is longer in the cold and wet weather, while under the influence of high temperatures it is shorter [3, 36]. As a result, the flowers that have flourished in adverse conditions have reduced numbers of fruits, which also results in a lower yield.

Table 8. Sum of average daily temperatures greater than 4 °C during the vegetation period (April–September) during 2011 and 2012 at all three localities

Month	Locality†	Investigated year		Long time average*
		2011	2012	
IV	Mošorin	403	390	339
	V.Radinci	394	385	339
	Ostojićevo	400	400	342
	Average	399	392	340
V	Mošorin	513	532	524
	V.Radinci	505	528	521
	Ostojićevo	517	532	527
	Average	512	531	524
VI	Mošorin	634	677	597
	V.Radinci	626	669	591
	Ostojićevo	643	686	600
	Average	634	677	596
VII	Mošorin	680	773	670
	V.Radinci	684	773	657
	Ostojićevo	679	777	676
	Average	681	774	668
VIII	Mošorin	717	749	633
	V.Radinci	709	732	621
	Ostojićevo	705	737	633
	Average	710	739	629
IX	Mošorin	637	607	521
	V.Radinci	631	597	512
	Ostojićevo	630	604	521
	Average	633	603	518
Total for vegetation period		3569	3716	3274

†Data obtained from nearest Meteorological station (MS); for Mošorin–MS Novi Sad, for V.Radinci–Ms Sremska Mitrovica, and for Ostojićevo–MS Kikinda (Republic Hydrometeorological Service Serbia).

*Long time averages is for period 1971–2000.

Weather conditions during the flowering period are very important. During the cold and wet weather, insects do not visit flowers, while under favorable weather conditions there are many different insects that pollinate or visit umbels of coriander. The types of insects that pollinate coriander depend on the area of cultivation. Stylopodium secretes nectar in order to attract insects, especially during the period when the pestle is ready for successful fertilization. Self-pollination is possible as well [36].

Daily temperatures over 30 °C lead to the rapid maturation when they occur in the period from the beginning of flowering to harvest [29]. Under conditions of intense drought with high temperatures, as it was in 2012, the maturity period was significantly shorter (12–18 days).

Coriander is tolerant to high and low temperatures and can be grown throughout the year [133]. Coriander has no great demands when it comes to heat and, thus, can be grown in a wide area. Production of coriander fruits is possible only where the sum of the average temperature during the growing season is at least 1700–1800 °C. In the tropical climate and in areas that do not have the sufficient temperature of 1700 °C, the production of coriander as fruit is not possible. Under these conditions, the plant can be grown as a vegetable, or in the higher altitudes as fruit [36].

In Table 8, the sums of the average daily temperatures greater than 4 °C at all three localities during the growing season (April–September) in 2011 and 2012 are given. As it can be seen from the table, the sum of the average daily temperatures during the growing season as well as at the long-term average in both investigated years is over 3000 °C.

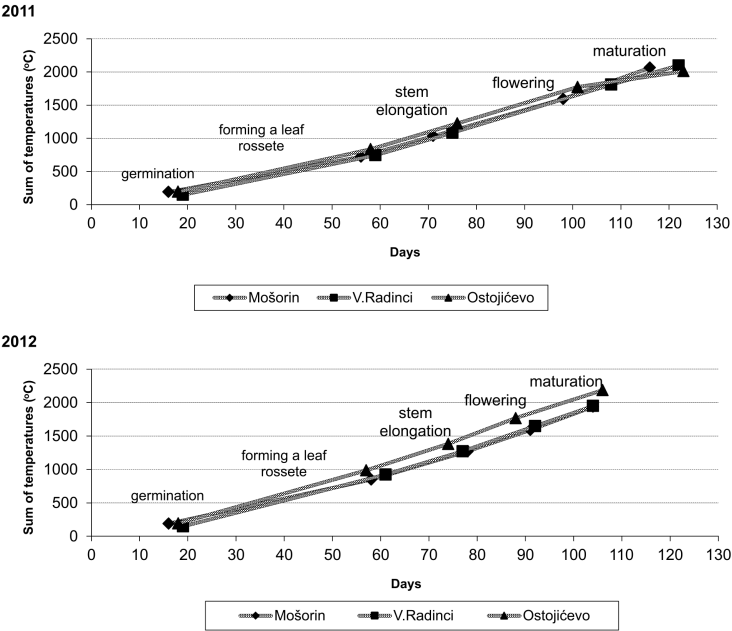


Figure 4. Sum of effective temperatures during phenological phases of coriander in 2011 and 2012 at all three localities

In our study, the sum of effective temperatures (temperatures greater than 4 °C) during the growing season of coriander ranged from 1940 to 2187 °C. During both years, coriander needed more than 1200 °C to cross from the juvenile to the generative phase of development, and more than 2000 °C for ripening (Figure 4). “Based on the coefficient of determination, the duration of the growing season in both years was explained by the sum of temperature with 99%” [3, pg 1467].

Growing coriander in Germany [36] shows that the plant is not sensitive to day length. The plant reaches a generative stage when planted in the field during spring and summer and in the greenhouse during fall or winter.

When the day is longer, plants grow faster, have higher yields and earlier flowering and ripening [101]. Plants that were grown under conditions of long day (16 h) flowered 24 days earlier than plants grown in short day conditions (8 hours). From this it can be concluded that coriander belongs to the long day plants [133].

In Table 9 values of insolation during the growing season (April–September) in 2011 and 2012 at all three studied localities, as well as long-term average values for insolation are given.

Table 9. Insolation (h) during growing season (April–September) in 2011 and 2012 at all three localities

Month	Locality†	Investigated year		Long time average*
		2011	2012	
IV	Mošorin	204	205	190
	V.Radinci	220	189	186
	Ostojićevo	224	210	191
	Average	216	201	189
V	Mošorin	270	253	242
	V.Radinci	256	239	250
	Ostojićevo	282	250	249
	Average	269	247	247
VI	Mošorin	284	361	272
	V.Radinci	256	323	260
	Ostojićevo	285	353	281
	Average	275	346	271
VII	Mošorin	296	351	292
	V.Radinci	266	343	290
	Ostojićevo	271	344	301
	Average	278	346	294
VIII	Mošorin	127	350	274
	V.Radinci	128	370	259
	Ostojićevo	132	363	276
	Average	129	361	270
IX	Mošorin	277	239	211
	V.Radinci	276	239	188
	Ostojićevo	284	247	216
	Average	279	242	205
Total for vegetation period		1446	1743	1476

†Data obtained from nearest Meteorological station (MS); for Mošorin–MS Novi Sad, for V.Radinci–MS Sremska Mitrovica, and for Ostojićevo–MS Kikinda (Republic Hydrometeorological Service Serbia).

*Long time averages is for period 1971–2000.

In the research that we carried out during 2011/12, during the coriander growing season, it took more than 800 sunny hours for the yield formation (Figure 5). “By using simple linear regression models, a high statistical dependence of sunshine duration to the length of the vegetation period of coriander was revealed. The calculated coefficient of determination was 99% for both years” [4, pg 129].

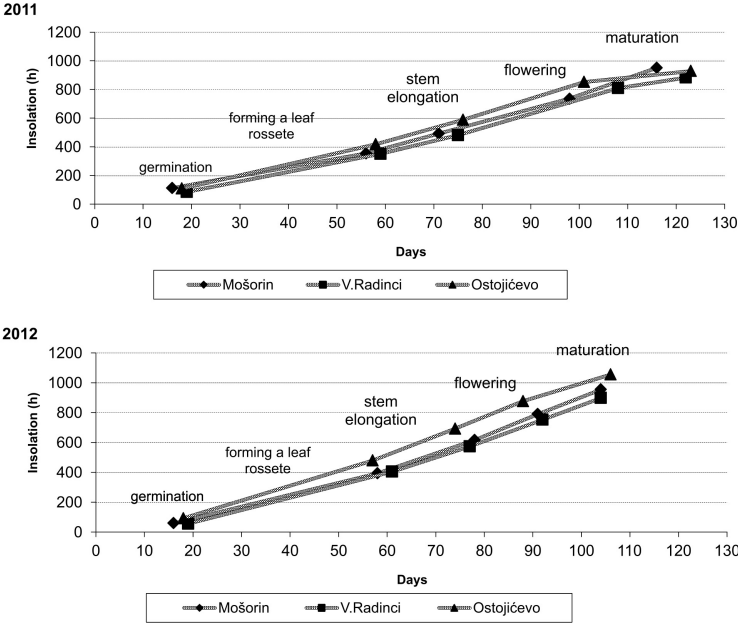


Figure 5. Insolation (h) during phenological phases of coriander in 2011 and 2012 at all three localities

5.3. Influence of weather conditions on harvest index

“Importance of vegetative parts in the yield formation was determined by harvest index. Harvest index (%) is calculated by dividing the seed mass per plant with the mass of the dry plant, and multiplying it by 100. This value is calculated in order to obtain information about the division of photosynthesis between vegetative and generative parts of plants or plant efficiency in the use of accessible resources for seed production. The increase in the harvest index is related to finding favorable environmental conditions that lead to improved seed yield and plant’s biomass” [4, pg 52].

Significantly lower seed yield per plant was recorded in the dry 2012 (an experiment average of 7.89 g), while in 2011 the average seed yield per plant was 10.58 g (Figure 5). The average of the mass of individual plants in 2011 was 32.47 g, and in 2012 around 19.89 g. It can be said that in the dry year plant’s weight was reduced by about 64%.

Dry weight of individual plants in the Italian research ranged from 2.7 to 17.4 g. There was also a strong variation between the years [27, 28]. Yield reduction in stress conditions caused by drought can be explained by the fact that plant’s leaf area reduces, and this reduction can be doubled (from 7539 to 3456 kg/ha) [45].

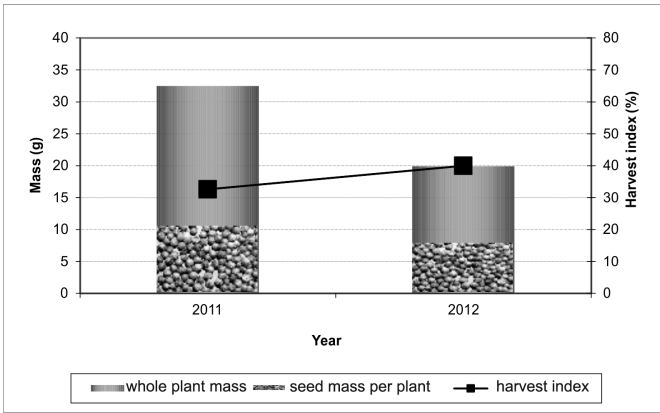


Figure 6. Whole plant mass (g), seed mass per plant (g) and harvest index (%) in 2011 and 2012

In 2011, the year average harvest index for our agroecological conditions was reflected in the average of 32.58%, while in the dry 2012, its value was slightly higher (39.99%). Higher value of harvest index in drought conditions is in contrast to studies done by other authors [27, 111]. This phenomenon may be related to the fact that the plants from 2012 had enough moisture in the first part of the growing season, which had a positive effect on the formation of vegetative organs, while in the second part of growing season, the deficit of rainfall and high temperatures adversely affected the formation of seed yield.

6.

Growing technology

Coriander is an annual plant and it is grown as a summer or winter crop depending on climatic conditions. This chapter is divided into several parts: (1) soil type, previous crop, primary processing and fertilization, (2) seed and sowing (3) cultivation, diseases and pests, and (4) harvest, yield, processing and cost price calculation.

6.1. Soil type, previous crop, primary processing and fertilization

Coriander can be grown on almost all soil types, but it gives the highest yields in the medium soil with humus-rich soils such as black soil and chernozem. In experiments in pots, it is ascertained that the loam soil is more suitable for growing coriander in comparison to sandy [12].

Coriander does not tolerate acid soil. On such land, scald symptoms appear (brown color on the leaves, necrosis at the edges of leaves, while younger leaves look wet). These symptoms are caused by calcium deficiency [67].

Coriander also cannot stand saline soil. In experiments with the hydroponic cultivation of coriander at different concentrations of NaCl (0, 25, 50 and 75 mM) it was established that by increasing the concentration of salts, the yield decreases from 25 to 36% relative to control [88]. The cause of reduced fruit yield is stress caused by salinity. This leads to inadequate photosynthesis due to stomata closure and therefore reduced the adoption of carbon dioxide. However, in terms of increased salinity, essential oil content in the fruits is, by some authors, also decreased [22], while, according to other authors it is higher compared with the control [88].

Due to the occurrence of common diseases and pests, coriander should not be sown after the plants from the same family. Domestic authors indicate that parasitic flowering plant dodder (*Cuscuta* sp.) attacks coriander and this is the reason why alfalfa should be avoided as a previous crop [40, 122].

Coriander herb has a short growing season and after the harvest, the sowing of other vegetable crops is possible. It can be sown at the same place after 3–4 years.

Different soil types require different ways of processing [124]. While domestic authors [40, 122] suggest that primary tillage for coriander culture should be done in the fall, 30 cm under the surface. Foreign authors found that the highest yield of coriander is obtained at a reduced tillage, as well as that the system of cultivation has no effect on the essential oil content [47, 71].

However, most growers take several operations in presowing preparation such as disking (if the soil after plowing did not freeze well), harrowing and leveling of land. In presowing preparation, weed must be destroyed because coriander is highly sensitive in the initial stage of development.

Coriander's need for nutrients is the greatest during the flowering period and grain filling [75]. Fertilization should be adjusted to soil fertility. The need of plants for nitrogen fertilization depends on many factors, such as environmental conditions, genotype, fertilizer type and time of application [26]. Generally, nitrogen fertilizer stimulates vegetative growth and has a positive effect on the yield of green mass. However, for plants where the final product is the seed, stimulation of vegetative growth can result in a reduction of the harvest index, as well as in flowering delay. The three-year experiment in pots found that nitrogen fertilization increased plant height, number of umbels per plant, seed yield, but reduces the weight of 1000 seed mass [89]. Research has shown that the seed yield of 1 t/ha required 33 kg of nitrogen [75]. Seed yield increases by increasing levels of nitrogen fertilizer from 30 to 90 kg/ha, whereas at 120 kg N/ha yield starts to decline [127]. This is confirmed by other authors, who reported that the highest yields are achieved when applying nitrogen fertilizer ranging from 50 to 60 kg N/ha [21, 110].

Experiments in India found that the application of urea in an amount of 60 to 75 kg/ha three times (1/3 before sowing it 10 cm under the surface, and twice during vegetation before irrigation 30 and 75 days after sowing) has no significant effect on the yield [79]. In contrast to this research, others authors claim that the highest yield was achieved by applying urea in an amount of 80 kg/ha before sowing [27]. From these studies, it can be concluded that the application of nitrogen is not justified. The appropriate amount of fertilizer needs to be applied prior to sowing.

Phosphorus has a significant role in the metabolism of coriander plants [60]. By examining the different amounts of phosphorus fertilizer, it was found that seed yield increased by increasing the levels of macronutrients [111]. Micronutrients such as copper, manganese, zinc and iron are effective in increasing yields, while boron does not have a significant impact [62, 89].

In the research that we carried out during 2011/12, the highest yields were obtained in the application of chemical fertilizers. Researchers from Italy came to the same conclusion by doing a two-year trial [27]. They found that the most productive plots were fertilized with chemical fertilizers.

Despite these studies, coriander is very easily grown in an organic crop system [113]. The use of microbiological fertilizers (Slavol and BactoFil) increased the yield from 3.6 to 4.1%, while the yield increased by 3% with the application of vermicompost. The largest increase in yield was observed when applying Royal Ofert biohumus (around 5.7%). This increase was significant in comparison to the control.

Biofertilizers in combination with organic fertilizers are very effective, reliable and inexpensive source of nutrients in organic cultivation [61]. These fertilizers are environmentally safe and they improve soil fertility by improving its physical, chemical and biological properties. The mentioned authors have found that the combined use of *Azospirillum* sp., phosphosolubilizing bacteria, 5 t/ha of manure and 30 kg N/ha achieved the highest yield. The increase in growth rate and yield may be a consequence of the biofertilisers positive effect on nitrogen fixation and on the production of phytohormones, which act as growth regulators. Inoculation with *Azospirillum* sp. improved growth and yield characteristics of coriander seed [78]. The combination of *Azospirillum* sp., 50% of nitrogen (20 kg/ha) and 5 t/ha of manure is most economical for obtaining the

highest seed yield. Application of biofertilizers (*Azotobacter* and *Azospirillum*) has a positive effect on the yield and, when applied with half of the planned dose of mineral fertilizers, achieves almost the same yield as the full dose of fertilizer [15]. The use of 5 kg/m² cattle manure plus fertilizer achieves the highest yield of coriander (3 t/ha), which also increases the germination [14].

Yield increase in the application of poultry manure with the addition of calcium superphosphate and potassium sulfate is explained by the high content of different nutrients and by improved soil characteristics (increase storage capacity and availability of nutrients) [42]. Vermicompost also has a favorable effect on the growth of coriander, which is probably due to the presence of microorganisms that stimulate the development of rhizobacteria and increase plant growth [125].

Mycorrhizal fungi of the genus *Glomus spp.*, a biological fertilizer, are becoming an important factor for increasing the accessibility of phosphorus and micronutrients. Mycorrhiza reduces the need for application of phosphorus, without reducing yield and quality [46]. The increase of nitrogen has a negative effect on mycorrhizal fungi. The positive effect of colonization is reflected in the protection of soil pathogens. Mycorrhiza increases photosynthesis and positively affects the plants' growth [12]. Plants grown in mycorrhiza usually have a bigger biomass and a better developed root [47, 111]. In addition to the positive impact of mycorrhiza in drought conditions, it has an important role in clearing soil contaminated with heavy metals [45].

6.2. Seed and sowing

Coriander is propagated by sowing seeds directly in the field. It is sown by the wheat planter at row spacing 30–36 cm. Around 70 seeds per meter are sown in a row, 2–3 cm under the surface. Sowing rate usually ranges from 10 to 12 kg/ha.

In Europe, sowing is performed in the spring, usually in the first decade of April, and the types that are grown in this area usually form a rosette of 3–4 leaves and can withstand several days at temperatures below 0 °C. Plants become more sensitive to low temperatures after stem elongation. In spring sowing, length of the coriander vegetation period is from 80 to 120 days. In the semi-arid conditions, time of sowing is the one of the most important factors that influences the seed yield [29].

In the areas where coriander is grown as a winter crop, during the rosette stage it is in overwinter, and in the spring, flowering begins after 20–30 days from the start of vegetation. The length of the growing season is from 145 to 190 days. Later sowing shortens the growing period (about 100 days), reduces plant height, fruit weight, number of umbels, biological yield and seed yield [64, 77, 95]. Early planting allows the use of more favorable climatic conditions, while the later sowing causes poorer germination due to low temperatures [79].

Due to short growing season, there is a possibility for the cultivation of another crop plants. In Iran, after the barley harvest, coriander was sown during June [53]. In this case, the achieved yield was about 1003–1300 kg/ha. Bearing in mind the small investment, growing this plant as a second crop under irrigation is economically feasible.

In our country there are a few varieties of coriander: domestic small seed type from the Institute of Medicinal Plant Research “Dr. Josif Pančić” from Belgrade and three varieties of the Institute of Field and Vegetable Crops in Novi Sad: NSBP-186, Sava and Nikola. These varieties have genetic potential for achieving a yield above 2500 kg/ha [11].

Germination of coriander seed is very high, usually above 92% [108, 112]. However, sowing early in the spring, when environmental conditions are not favorable for germination, causes slow and uneven germination. In order to eliminate this adverse effect, various methods are applied for the seed treatment: gibberellic acid, calcium silicate (MicroCel-E) and polyethylene glycol, which significantly increase germination [30].

By studying seed immersion in water, there is a positive effect on germination and vigor of coriander seeds with respect to control [108].

Germination of coriander seed in Brazil was from 76 to 100% [100]. These authors found that for most cultivars, the optimum temperature for the germination is between 15 and 30 °C. On the other hand, at temperatures exceeding 35 °C there is no germination probably due to termoinhibition.

The division of mericarps in two parts can be used as a method for accelerating the germination [64]. This is often used in gene banks and collection gardens in order to obtain a larger number of plants [36].

From a study that we carried out in order to assess the effectiveness of biofertilizers on germination energy and total germination of coriander, it can be concluded that the tested products (*Bacillus subtilis* FZB24 and RhizoVital 42 l) increase germination from 85.5% to 85.8% or 90.3% which is not statistically significant [7].

In a study performed 2011/12, we found that age has a significant effect on the germination energy and total germination. In fact, in the year with favorable climate (2011), germination energy was 71.4%, while total germination was 86.7%, and the seed was of better quality. However, in the dry and warm year (2012), germination energy was very low, only 41.14%, while total germination was 88.15%. The big difference between the values of germination energy and total germination leads to uneven plant emergence in the field, which reflects negatively on the formation of plantations.

In addition, the site influences germination as well. According to researchers in Chile, due to the presence of pest insect *Systole coriandri*, some locations may not be used for seed production [72]. Due to the damage caused by this insect, the minimum germination of 65% of the seed cannot be achieved. We found this pest at the site Mošorin, where germination was 36–45% and 72–73% [6].

Coriander branching depends on the vegetation area. Depending on the type of branching, i.e. all branches end in flowers, this parameter significantly determines the fruit yield per plant. Row spacing of 45 cm receives the highest number of umbels per plant and 1000 seed weight, but the highest yield per hectare is achieved at 25 cm [60]. Crop density significantly affects the yield of plants per hectare. Sowing in rows at a distance of 30 cm and 30–50 plants per square meter was found the best [91].

In the organic crop production intercropping is the new trend, there is number of studies about this. Our area is known for a combination of coriander and biannual caraway [122]. In the spring, coriander and caraway are sown in alternate rows. Coriander matures in July and after harvest, rows of caraway are kept away from weeds by hoeing. Coriander is often sown together with corn [58, 131].

Coriander can be grown along with many other plants such as bananas, apples, cotton wood, black gram, cabbage, tomato, onion, which are widely used in organic agriculture [5].

6.3. Cultivation, diseases and pests

Weed control is one of the most important measures of care, especially if coriander grown in organic crop system, which according to the EU regulations do not allow the use of chemicals [28]. Weeds that may reduce significantly the yield and compromise plant growth and, in some cases, lead to chemical changes.

Weeds make the long period of coriander germination more difficult. Coriander is very sensitive to weeds during the juvenile stage, and the types that do not form a rosette, require more protection from weeds. Due to high weed infestation, the yield reduction of up to 90% was observed [84]. It was found that large doses of nitrogen fertilizer increase the competence of weeds, which also affects the reduction in yield of coriander [85].

Inter-row cultivation and hoeing are especially important in the first phase until the row formation. Their number depends on the degree of infestation and the physical properties of soil. The first cultivation or hoeing can be done after plants form rows and have 3–5 true leaves.

Due to short growing season, coriander is usually not fertilized during vegetation period, but if there is a need for this measure, it may be performed with a first inter-row cultivation.

Limited water supply is a major limiting factor for high productivity plants including coriander. In many semi-arid areas, due to drought periods during the spring and summer, coriander cannot be grown without irrigation [29]. Lack of moisture causes a variety of physiological and metabolic processes, and the adaptation and response of plants to stress caused by drought depends on the duration, intensity and developmental stages of the plant [115]. It is known that coriander has a great need for water in the period between emergence and stem elongation. If drought occurs in the final stages of flowering, it causes deterioration of seed quality.

Drought dramatically reduced the yield. In Iran, a yield three times lower than the yield of irrigated plants was recorded during the drought [111]. In Poland, irrigation increased fruit yield of coriander as well, but not so drastically [110]. Irrigation increases the availability of nutrients and their intake, which improves growth and yield [21].

Plant hormones such as ethephon, progesterone, auxin (NAA and Triacetonol), as well as gibberellins act positively on the vegetative growth and seed yield of coriander [42, 79, 114, 136].

The most important moment in the production of coriander is determining the stage of technological maturity. By maturing coriander umbels shattering, especially if they are fully mature. Flowering and ripening are quite extended, the primary umbels mature much earlier than in the umbels of the highest-order branches (which is a typical strategy adopted by weeds in order to ensure successful reproduction).

Coriander is attacked by some specialized and general pathogens. In areas where the coriander is intensively cultivated, of the utmost importance are bacterial diseases, bacterial blight and bacterial leaf blight. Several fungal diseases recorded in coriander: *Ramularia coriandri*, *Fusarium oxysporum*, *Protomyces macrosporus*, *Erysiphe polygoni*. Also, polyphagous species *Sclerotinia sclerotiorum* are established and as well as *Alternaria alternata*. A couple of viruses in coriander are described: Alfalfa mosaic virus, Celery mosaic virus and Groundnut ring spot virus [50, 74, 93]. In our country, so far there is no information about the presence of these viruses in coriander. Specific insect pest in coriander is *Systole coriandri* (syn. *Systole albipennis*), which in our country represents a significant problem.

Bacterial blight of coriander (*Pseudomonas syringae* pv.*coriandricola*)

This disease occurs during the flowering period in the field, in the form of brown lesions on all parts of the plant. Spots on leaves are usually square, limited within midribs, and are clearly visible on both sides of the leaf. Spots fuse into larger ones and chlorosis is often observed on the surrounding tissue. Spots on the stem cause premature wilting of plants, and due to flower infection, the petals become brown and fall off prematurely. Pollinators carry the bacteria and spread the disease, which then becomes systemic. In later stages of development, seed infection results in premature ripening, which causes seed to become shriveled and dark, and can also lose the ability of germination [109]. This disease can reduce the coriander yield by 50% [100].

The disease is spread by seed, the pathogen has a short life period in plant residues and soil [106]. Dipping seeds in warm water of a temperature of 53 °C for 30 minutes can be used as the suppression of this bacterial disease. This does not affect the germination. In addition, a dry heat treatment can be used for a period of 6 days at a temperature of 65 °C. Other biological treatments can be used, such as peracetic acid or sodium hypochlorite.

Bacterial leaf blight of coriander (*Xanthomonas campestris* pv. *coriandri*)

Symptoms first appear as small dots in the lower part of the plant. Center spot quickly becomes brown and is surrounded by bright yellow halo. Spots rapidly expand and the parts on which they occur wilt. Sometimes symptoms occur as chlorotic and are limited by midribs, so that it is shaped like the letter V [73].

Leaf spot of coriander (*Ramularia coriandri*)

This disease can be a problem during wet and chilly weather because the fungus favors a temperature of 10 to 24 °C and the relative humidity of between 97 and 100% [16]. Then the symptoms appear in the form of necrotic spots on the leaves, within which whitish coating appears, which is made of the fungi mycelium with conidia.

Fusarium wilt of coriander (*Fusarium oxysporum*)

Fusarium wilt symptoms first appear on older leaves, where chlorosis and wilting occurs. These symptoms can quickly spread to younger leaves. Necrotic spots appear as well. This disease manifests quite quickly in flowering and fruiting plants. Since this is a typical parasite in soil, it usually occurs in oasis, which gradually spread and cause premature extinction of plants [51].

Stem gall disease (*Protomyces macrosporus*)

The disease manifests itself in the form of a tumor on the stem, branches, leaves, inflorescence and fruits. It reduces seed yield and its biological value [118, 134].

Mildew (*Erisyphe polygoni*)

The disease occurs on the face and the back of the older leaves as a weak mycelial coating. Below mycelial cover, small necrotic spots are visible. Infected leaves turn yellow and then they become dark purple [63].

White mold (*Sclerotinia sclerotiorum*)

Root rot occurs in the period of flowering and seed formation. On the ground floor of the stem, necrosis of the tissue leads to slow yellowing of the lower leaves, which results in rapid wilting of the whole plant.

Stem form usually occurs on the upper half of the stem as large necrotic spots. These form a ring around the stem, which at that point often breaks [107].

Leaves spot, seed rot and seedling decay (*Alternaria alternata*)

This fungus resides in the seed, plant residues and in the soil and is transmitted in this manner. It can survive a few years in this way [23]. Infection takes place during the flowering, seed formation, or even during, or after harvest. Early infection leads to poorly formed seeds or lack of formation. If the infection occurs later, seed can germinate and thus retains a significant source of inoculum [23, 97].

Coriander chalcid wasps (*Systole coriandri*)

Specific insect in coriander is *Systole coriandri* (syn. *Systole albipennis*). The females of this insect lay their eggs in the ovary during coriander flowering. The larva develops inside the fruit, feeding on the endosperm and the embryo [70]. As stated by the author, the damage arises soon after laying of the eggs, but it is not visible, because the outward appearance of the infected seeds does not differ from the healthy ones. Some insects complete their life cycle before the winter, when the adult wasps make holes in the wall of the fruit in order to go out (Picture 12). Only then the presence of these micro wasps is easy to see (Picture 13). However, a number of insects remain in diapause during the winter. During diapause (from August to May), larvae can be destroyed by the storage fumigation [94]. Growing coriander in the same place for two consecutive years increases the attack of this pest. The province of Voronezh, recorded the attack up to 86%, this significantly reduced the oil yield and seed germination. In Chile, depending on location, the *Systole coriandri* reached up to 75%. Because of this was not possible to achieve a minimum of 70% of the seed germination as expected from the seed material in this country. Therefore, these particular locations could not be used for seed production [72]. In the research that we did in our country [6], on the location where the pest was detected in the harvest year, germination of coriander averaged from 38.21% to 72.75%, and after one year storage germination energy decreased to 16.50%, and total germination to 67.42%.

Picture 12. Damage to the fruits of coriander by *Systole coriandri* (see page 46)

Picture 13. Insect *Systole coriandri* (Aleksandra Popović 2013) (see page 46)

6.4. Harvest, yield, processing and cost price calculation

The maturity of the seed at the time of harvest is an important factor affecting the seed yield and quality of essential oils because of the changes that occur during the fruit ripening [128, 130]. Early harvest leads to a reduction of yield due to unripe fruit. Essential oil content in fruits increases during ripening [86, 96]. However, the harvest in the stage of full maturity may result in the shattering of the fruit in the primary umbels, which also reduces the oil yield.

A method of extraction also has a significant effect on the quality of the essential oil [126]. For the separation of the essential oils, three principal techniques are commonly used: steam distillation, organic solvent (Soxhlet) extraction and gas under pressure [82]. Each of these techniques has its advantages and disadvantages.

Harvesting can be done in two ways, manually (for small areas) or with combine harvesters.

If the harvest is done manually, it is desirable to pluck the plant because the fruits do not ripen uniformly (when the stem changes color from green to brown-yellow, the plants are easily uprooted and fruits shatter less than when they are cut). Then they are tied in bundles and left on the field or transferred to the protected area in order to ripen. After that, seed is separated easily from the umbels by thrashing. Hand harvest gives a higher yield per hectare, but requires 19.83 hours human work per hectare [112].

Harvest by combine harvesters is done when the humidity is about 20% (when it loses the typical smell of green plants). During the harvest, care should be taken as the fruit are likely to break. The percentage of broken seeds is limited to 8% because they rapidly lose the essential oil. With coriander harvested in this manner, artificial drying is necessary, because the storage is done with 9% of moisture.

According to research that we carried out [2, 3, 9, 10], the seed yield achieved is 559 to 3168 kg/ha, which is consistent with the results reached in Italy [29]. Italian researchers pointed out that the yield of coriander is between 395 and 3304 kg/ha.

We also found that rainfall strongly affects the yield, which is confirmed by other authors [18, 21, 29, 111]. In dry conditions, the yield may be reduced by 60%, as confirmed by our results. In years with average rainfall for our conditions, the average yield was 1866 kg/ha (2010) and 2117 kg/ha (2011). In the year with significantly more rainfall during the vegetation period the yield was 2470 kg/ha (2010), in comparison with the dry year when the yield was much smaller, only 900 kg/ha (2012).

The cost of coriander production is relatively low, but the cost of processing (seed cleaning, processing and transport) is an important factor that affects the seed crops profitability [117].

Drying is especially important if the weather conditions during the ripening period are unfavorable [36]. Artificial drying is usually carried out in the impingement dryer, while the natural is done in the sun [81]. To reduce the moisture from 28.2 to 11.4% it takes 27–31 hours of sunshine, which is about 3 days [32].

Distillation of essential oils is usually performed by steam. The ground material for the extraction of essential oil must be used quickly. Grinding the fruit, i.e. decreasing particle size, significantly increases the coefficient of extraction due to the increased contact area [55, 82, 119].

After extraction of essential oil, residues (oil cakes) contain fats and proteins [98]. They can be used for animal feed, however, only ruminants because of the high content of digestible fiber [36].

The yield of essential oil per hectare depends directly on the fruit yield per hectare and essential oil content in fruits. Different amounts of essential oil were obtained by different authors. In one research [111], one hectare of coriander provided 3.5–6.1 kg/ha of essential oil, while in the other research the amount was about 20 kg/ha [18]. In our study, the yield of essential oil was from 6.68 to 19.94 kg/ha.

A pivotal moment in every production is the calculation. The purchase price per pound of coriander fruit is around 0.5 €. According to the calculations done by experts from the Institute of Medicinal Plant Research “Dr. Josif Pančić” [39], product value is about 600 € per planned yield of 1200 kg/ha, while the cost of production is 530 €. This leads to 70 € of profit.

However, coriander grown in organic farming system sets a significantly higher price, about 4 € per kilo (the price set by the farmer Janos Fargo from Orom at the green market). From this the conclusion could be that the production of coriander in this way is much more cost effective.

7.

Index of terms

Alternaria alternata 95, 97
 α -pinene 77
anthelminic 81
antibacterial properties 81
antioxidative properties 81

camphor 79
cancer 81

diseases 95
diabetes 71
diazotrophs 76

Erysiphe polygoni 95, 96
essential oil 75, 76, 77
extraction 97

fatty oil 80
Fusarium oxysporum 95, 96

γ -terpinene 77
growing 91
growing conditions 83

heterophily 69

insecticide 81

limonene 77
linalool 77
linoleic acid 80

mericarp 71
morphological features 68
mycorrhizal fungi 76

oleic acid 80

palmitic acid 80
pests 95
petroselinic acid 80
phenolic acids 75
phenological stages 82
phytosterols 80
plant height 68, 69, 70
Protomyces macrosporus 95, 96
Pseudomonas syringae pv. *coriandricola*
95, 96

Ramularia coriandri 95, 96

Sclerotinia sclerotiorum 95, 96
schizocarp 71
shizogenic channels 77
spice 67
Systole coriandri 95, 97

trans-2-decenal 77

umbel 69
umbelletus 69
use 81

vitamins 75

Xanthomonas campestris pv. *coriandri*
95, 96

Др Милица Аћимовић (рођ. Бабић) рођена је 1981. године у Новом Саду. На Пољопривредном факултету Универзитета у Новом Саду дипломирала је 2005. на смеру Заштита биља (просек 9,39) и магистрала 2008. (смер Гајење њивских биљака, група Гајење лековитог биља). Докторирала је 2013. на Пољопривредном факултету Универзитета у Београду (смер Ратарство и повртарство, група Екологија и агротехника лековитог, ароматичног и зачинског биља). Током студирања била је стипендиста Министарства просвете, науке и технолошког развоја и ангажована на четири републичка и једном покрајинском пројекту. Била је на студијском боравку у Словачкој (Slovak University of Agriculture in Nitra – Faculty of Agrobiological and Food Resources, 2006), организованом у сарадњи са Владом Републике Србије, односно Фондом за младе таленте. Учествовала је на више од 20 научних скупова у земљи и иностранству. Ауторка је 12 радова објављених у домаћим и међународним часописима као и једног поглавља монографије. Област научног интересовања: органска производња лековитог, ароматичног и зачинског биља.

„... У раду се, поред квалитетно приказаног прегледа релевантне литературе и резултата истраживања ауторке, указује на значај коријандра у области фармацеутске и прехранбене индустрије и посебно се истиче тренд реафирмације његове примене као лека или функционалне хране.“...

„... Иинтердисциплинарним истраживачким радом ауторка ствара јединствену целину каква до сада на нашим просторима није публикована за коријандар, значајну лековиту и зачинску биљку. Рад представља драгоцен извор података интересантних пољопривредним произвођачима, студентима, истраживачима као и широј читалачкој јавности. Монографија би могла да допринесе међународној афирмацији наших биотехничких наука и омогући да резултати истраживања коријандра у Србији постану доступни светској научној и стручној јавности.“...

*Др Снежана Павловић, научни сарадник
Др Владимир Филиповић, научни сарадник*

Монографија *Коријандар* (*Coriandrum sativum* L.) настала је на основу докторске дисертације „Продуктивност и квалитет кима, аниса и коријандра у систему органске пољопривреде“ одбрањене 24. маја 2013. на Пољопривредном факултету Универзитета у Београду пред комисијом у саставу: проф. др Снежана Ољача (менторка), проф. др Душан Ковачевић, др Слободан Дражић, научни саветник, проф. др Веле Тешевић и др Лана Ђукановић, научни сарадник, и других истраживања ауторке.

