https://doi.org/10.61308/RKZL3922

Проучване влиянието на извлеци от етеричномаслени култури върху кълняемостта на семена при домати

Пламена Янкова*, Павлина Наскова
Технически университет – Варна, катедра "Растениевъдство", 9000 Варна, България
*E-mail: *pl_yankova@abv.bg*
Пламена Янкова ORCID: 0000-0002-5008-5378

Резюме: Настоящото проучване има за цел да анализира влиянието на екстракти от етеричномаслени култури върху кълняемостта на семена при индетерминатни домати сорт Грандо F_1. Проучването е проведено през периода 2022–2023 година при контролирани условия в поликарбонова оранжерия на катедра „Растениевъдство" на Технически университет – Варна. Използвани са екстракти от мента (*Mentha piperita*), риган (*Origanum vulgare*), босилек (*Ocimum basilicum*), мащерка (*Thymus vulgaris*), като са използвани отделните части на растенията - листа, корен, стъбло и цяло растение в различни извличащи агенти. Проследено е влиянието на отделните части на растенията върху покълването на семената и растежа на разсад от домати. Получените резултати показват, че определени екстракти, като тези от мента (100% кълняемост) и риган (100% кълняемост), оказват положително влияние върху кълняемостта и ускоряват началното развитие на разсада, в сравнение с контролните растения. Други екстракти, като тези от мащерка, проявяват инхибиращ ефект, забавяйки поникването и намалявайки процента на кълняемост. Изследването подчертава значението на етеричномаслените култури като източник на биоактивни вещества, които могат да бъдат използвани за подобряване на агротехническите практики при отглеждането на домати.

Ключови думи: алелопатичен ефект; етеричномаслени растения; *Solanum lycopersicon*

Study of the impact of extracts from essential oil crops on seed germination in tomatoes

Plamena Yankova*, Pavlina Naskova
Technical University of Varna, 9000 Varna, Bulgaria
*E-mail: *pl_yankova@abv.bg*
Plamena Yankova ORCID: 0000-0002-5008-5378

Citation: Yankova, P., & Naskova, P. (2025). Study of the impact of extracts from essential oil crops on seed germination in tomatoes. *Bulgarian Journal of Crop Science, 62*(6) 79-88 (Bg).

Abstract: The present study aims to analyze the influence of essential oil crop extracts on seed germination in indeterminate tomato variety Grando F_1. The study was conducted during the period 2022-2023 under controlled conditions in a polycarbonate greenhouse at the Department of Plant Production at the Technical University of Varna. Extracts from mint (*Mentha piperita*), oregano (*Origanum vulgare*), basil (*Ocimum basilicum*), thyme (*Thymus vulgaris*) were used, utilizing different plant parts - leaves, root, stem, and whole plant in various extracting agents. The influence of individual plant parts on seed germination and tomato seedling growth was tracked. The obtained results show that certain extracts, such as those from mint (100% germination) and oregano (100% germination), have a positive impact on germination and accelerate the initial seedling development compared to control plants. Other extracts, such as those from thyme, exhibit an inhibitory effect, delaying emergence and reducing the germination percentage. The study emphasizes the importance of essential oil crops as a source of bioactive substances that can be used to improve agricultural practices in tomato cultivation.

Key words: allelopathic effect; essential oil plants; *Solanum lycopersicon*

ВЪВЕДЕНИЕ

Връзката на растенията помежду им, околната среда и технологията на отглеждане са едни от основните причини за целостта и динамичността на агрофитоценозите. (Borisova, 2013). Поради факта, че всеки вид има свои собствени биологични характеристики, собствена стратегия и начин на развитие, се разграничават взаимоотношенията между растенията от един и същи вид и между растенията от различни видове (Abdullin et al., 2002; Kosolap, 2008).

Алелопатията, се приема за взаимодействие, при което синтезирани от растението химични вещества могат да окажат положително или отрицателно въздействие върху друго растение. Отделени в околната среда от растение донор, алелохимикалите могат да засегнат растежа и развитието на други съседни растения (Rice, 1979; Mammadov, 2014). Ефектът от алелохимикалите в повечето случаи е отрицателен и се изразява в намаляване на абсорбционната способност, хлороза, деформация, абцисия, изсъхване и смърт, но по-рядко ефектът може да е положителен (Rizvi & Rizvi, 1992; Singh et al., 2001; Wang et al., 2016). Такова положително приложение алелопатията има в борбата с плевели, като културно растение, влияещо негативно върху плевели.

Алелопатичното взаимодействие на растенията едно с друго може да бъде разделено на химично и физическо. Физическото взаимодействие предполага създаването на определен микроклимат, когато по-високите растения създават частично засенчване и повишена влажност за растенията от долния слой. Химичното взаимодействие се свежда до факта, че надземните части на растенията могат да отделят ароматни съединения, които отблъскват вредителите, а кореновите системи секретират различни органични продукти, сред които витамини, захари, органични киселини, ензими, хормони и фенолни съединения (Chekalina et al., 2015). Характерна особеност на голяма част от растенията е образуването на големи групи вторични метаболити. Те играят важна роля в екологията на растенията и хармонията им с околната среда (Akın & Kocaçalışkan, 2016). Някои от тези вторични метаболити са алелохимични вещества.

Според Rice (1995) и Ahmed (2004) някои алелохимикали са изучени подробно, а някои по-перспективни от тях вече се произвеждат в лаборатории или при заводски условия и се прилагат в земеделското производство. Алелохимикалите, като природни продукти разкриват възможности за борба срещу плевелите, а тяхното практическо приложение няма да предизвиква замърсяване на продукцията и околната среда, тъй като този механизъм на биологично взаимодействие между два или повече растителни вида би могъл да се използва като алтернативен метод за регулиране на плевелната плътност, както и да спомогне за намаляване на внасянето на синтетични хербициди (Murphy, 2001; Macías et al., 2003(a), Macías, et al., 2003(b); Mekky et al., 2019; Reigosa et al., 2006; Brooks, 2008; Kruidhov, 2008; Kaneva et al., 2017). Освен в борбата с плевелите, екстратките от етерично-маслени култури намират приложение и при растителната защита на зеленчуковите култури. Според проучване на Kalleli et al. (2020) прилагането на етеричното масло води до повишаване на разтворимите захари, общото съдържание на феноли и общото съдържание на флавоноиди в листата на доматени растения, с което може да се използва за контрол срещу *Fusarium* при доматите.

Друго проучване установява антибактериалната ефективност на етеричното масло от мента (*Mentha piperita* L.), срещу фитопатогенните бактерии *Agrobacterium tumefaciens* при домати, като прилагането на масло от мента при домати напълно инхибира появата на заболяването (Hsouna et al., 2019). Антибактериални свойства притежава и маслото от мащерка. Според изследване на Saltos-Rezabala et al. (2022) маслата от мащерка, лимонова трева и чаено дърво са тествани за контрол на *Alternaria linariae* при доматени

растения. В резултат на експеримента се установява, че етеричното масло от мащерка и лимонова трева стимулира защитната система на доматените растения, инфектирани от *Alternaria linariae*. Всичко това провокира изследователите да търсят нови решения, които могат да допринесат за разработването на устойчиви методи за растителна защита, базирани на природни продукти.

Целта на настоящото изследване е да се проследи влиянието на етеричномаслените култури като източник на биоактивни вещества, които могат да бъдат използвани за подобряване на агротехническите практики при отглеждането на домати, като се проследят кълняемостта и динамиката на растеж при семена на домати.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Експериментът е изведен при контролирани условия на светлина, влага и температура в оранжерията на катедра „Растениевъдство“ към Технически университет – Варна. Използвани са растенията *Coriandrum sativum*, *Mentha piperita*, *Origanum vulgare*, *Ocimum basilicum*, като семената са засяти (01.03.) в правоъгълни метални съдове. Семената са засяти в две повторения, с цел да се отгледат повече растения, които да се използват за получаване на екстракти от етеричномаслени култури. Използвани са семена от домати сорт Грандо F_1, който е селекция на фирма MAY Seed, при следната схема:

Схема на опита:

10 семена от домати + 10 ml екстракт цяло растение + 10 ml дестилирана вода;

10 семена от домати + 10 ml екстракт корени + 10 ml дестилирана вода;

10 семена от домати + 10 ml екстракт листа + 10 ml дестилирана вода;

10 семена от домати + 10 ml екстракт стъбла + 10 ml дестилирана вода;

10 семена от домати + 20 ml дестилирана вода - контрола.

Всеки вариант е заложен в 3 повторения. Семената се поставиха по 10 броя в петриеви блюда и се заляха със съответния екстракт като се оставиха в термостат при постоянна средна температура от 22 – 25 °C за 7 до 14 дни.

Характеристика на проучвания сорт домати

Сорт Грандо F_1 (Селекция на MAY Seed). Индетерминантен хибриден сорт за прясна консумация и преработка. Растенията са силни, полуотворен тип храст, къси междувъзлия и силен растеж. Плодовете са едри, плоско-кръгли, със средна маса 310-370 g, твърди, с дълъг срок на съхранение и устойчиви на транспортиране, с много добри вкусови качества. Устойчив на тютюнева мозайка, вертицилийно, фузарийно увяхване (MAY Seed, 2021) .

Методи за получаване на екстрактивни разтвори в различни варианти:

Декокът се състои в третиране на накълцания растителен продукт с необходимото количество вода и завирането му. Екстрактивният разтвор се филтрира горещ.

Тинктура. От накълцаните билки се извличат терапевтични вещества, чрез накисване с етилов алкохол в концентрация 30%, обикновено за време, вариращо между 8-10 дни.

Медицинско вино. Екстракцията се осъществява в слаба хидроалкохолна среда, при леко кисело pH. За приготвяне, предварително раздробените билки се накисват за 7-10 дни във вино (доброкачествено и добре стабилизирано), след което следва филтриране на препарата.

Медицински оцет. Получава се чрез извличане на действащите вещества от растителни дроги с винен оцет. За приготвяне, предварително раздробените билки се накисват за 7-10 дни в оцет (доброкачествен), след което следва филтриране на препарата.

Медицинските масла представляват форма на накисване на билките в зехтин. Продължителността на накисване е 4-6 седмици.

Съхранява се в добре затворени стъклени бутилки, на тъмно и прохладно.

От всички заложени растителни видове, които са обект на изследване са заложени екстракти в следните варианти – корени, стъбло, листа, както и цялостен екстракт (цяло растение) по БДС EN 12145:2000.

Определяне на екстрактивни вещества в растителните екстракти.

Залагането и получаването на екстрактивните разтвори в различни варианти са извършени в лабораториите на ТУ – Варна.

Кълняемост – определен е брой покълнали семена в %, като е използвана следната формула:

$$\% = \frac{\text{брой покълнали}}{\text{брой заложени}} X\ 100$$

Извършена е статистическа обработка на данните – Duncan's Multiple range and multiple F-test (Duncan, 1955) с програмен продукт SPSS версия 24 за Windows.

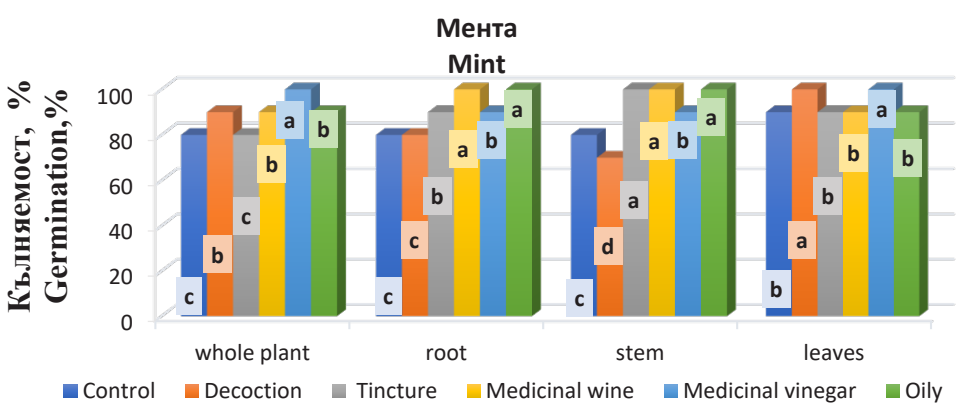
РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

1. Проследяване на въздействието на различни извлеци от етеричномаслени култури върху кълняемостта на семена от домати

1.1. Влияние на *Mentha piperita* върху кълняемостта на семената от домат

Различните части на растенията оказват различно въздействие върху кълняемостта на семената при домат. От проведеното проучване се установи, че положително влияние върху кълняемостта на семената оказва декокт, получен от листа от мента, при който е отчетена 100% кълняемост. Следва вариантът с декокт от цяло растение, при който кълняемостта достига 90% (Фигура 1). Подобни резултати за стимулиращи ефекти върху покълването на семена от домати, при третиране с растителни екстракти са установени от Chaski et al. (2023), които установяват, че водните екстракти от различни растения могат значително да увеличат процента на кълняемост при доматите.

Резултатите от покълването на семената при третиране с тинктура, приготвена от части на растението мента, показват, че най-висок процент на кълняемост (100%) се наблюдава при използване на стъбла от мента. Листата и корените оказват умерен ефект (90%), докато използването на тинктура от цяло растение води до по-нисък процент на кълняемост (80%). Това съответства на наблюденията на Pashoutan & Yarnia (2014), които съобщават за различно фитотоксично въздействие, в зависимост от използваната част на растението.



a, b, c, d – Duncan`s multiple range test

Фигура 1. Влияние на изелеци от мента върху кълняемостта на семената
Figure 1. Influence of mint extracts on seed germination

Корените и стъблата на ментата, използвани за приготвяне на медицинско вино, дават най-висок процент на кълняемост (100%) при доматите. След тях се нареждат вариантите с листа и цяло растение, където е регистрирана кълняемост от 90%. Получените резултати за ефективността на водно-алкохолни екстракти се потвърждават и от изследване на Grzanka et al. (2021), които установяват стимулиращо действие на водно-спиртни извлеци от лечебни растения върху покълването на земеделски култури.

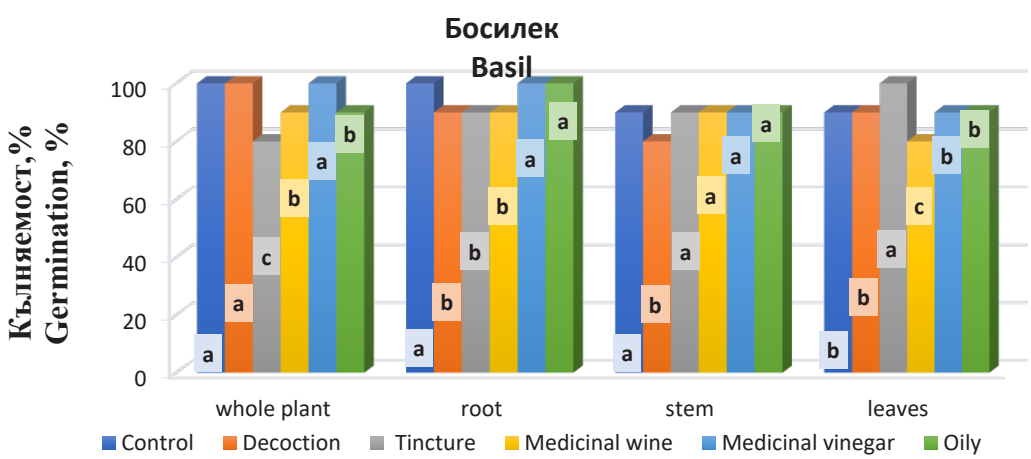
При варианта с медицински оцет се установи 100% кълняемост на семената на домат при третиране с листа и цяло растение от мента. Получените резултати се потвърждават и от изследване на Nasrin et al. (2016), които подчертават значението на фитохимичния състав на различните части на растенията за модулиране на кълняемостта.

Изследването с маслен филтрат показа, че най-високи резултати (100% кълняемост) при доматите са отчетени при екстракт от корен и стъбла на мента. Използването на цялото растение и листа води до кълняемост около 90%. Резултатите са статистически доказани ($p<0.05$) и потвърждават от изследване на Rawat et al. (2016) за потенциала на екстракти от етеричномаслени растения за стимулиране на кълняемостта на семенната.

1.2.Влияние на *Ocimum basilicum* върху кълняемостта на семената от домат

Резултатите, получени при третиране с декокт от босилек (*Ocimum basilicum*), показват, че екстрактът оказва положително въздействие върху покълването на семената на домат, като е отчетена 100% кълняемост при варианта с цяло растение. Следват вариантите с корени и листа, при които кълняемостта е 90% (Фигура 2). Подобни стимулиращи ефекти са наблюдавани от Yurlisa & Sholihah (2023) и Rosado et al. (2009), които съобщават, че водните екстракти от босилек подобряват енергията на покълване и началното развитие на доматените растения.

При варианта с тинктура от босилек най-висока кълняемост (100%) се отчита при използването на листа от босилек, следвани от екстрактите, получени от корени и стъбла (90%). С най-нисък процент на кълняемост (80%) е вариантът с цяло растение. Тези резултати съответстват на наблюденията на Dafaallah & Ahmed (2017), които описват различен фитостимулиращ ефект на екстракти от босилек в зависимост от използваната растителна част.



a, b,c – Duncan`s multiple range test

Фигура 2. Влияние на изелеци от босилек върху кълняемостта на семената
Figure 2. Influence of basil extracts on the germination of seeds

Маслениият екстракт от босилек дава сходни резултати с тинктурата – при екстракта от корени на босилек е отчетена 100% кълняемост, докато при филтратите от цяло растение, стъбла и листа се регистрират малко по-ниски стойности (90%). Това потвърждава изводите на Islam & Kato-Noguchi (2014), че етеричните масла от босилек съдържат биоактивни вещества, които могат да стимулират процеса на покълване на семена при домат и други култури.

При използване на медицинско вино от босилек се установява 90% кълняемост на семената на домат при варианта с цяло растение, като следват вариантите с корени и стъбла. Подобни резултати за влиянието на водно-алкохолни екстракти върху кълняемостта на домати са докладвани от Khalid & Shedeed (2014), който изследва биостимулиращия ефект на различни растителни екстракти върху земеделски култури.

При вариантът с медицински оцет и босилек е отчетена 100% кълняемост при третирането на семената на домат с извлеци от цяло растение и корени. По-слабо стимулиращо действие (90%) е наблюдавано при използването на стъбла и листа. Тези данни потвърждават тезата на Zheljazkov et al. (2008; 2021), че различните начини на екстракция и обработка влияят на ефективността на биологичните екстракти при растенията.

Резултатите, получени при всички използвани части на босилека с различни екстрактивни разтвори, са статистически доказани ($p<0.05$).

1.3. Влияние на *Origanum vulgare* върху кълняемостта на семената от домат

При третиране на семена от домати (*Solanum lycopersicum*) с декокт от риган (*Origanum vulgare*), независимо коя част на растението е използвана (цяло растение, корен, стъбла или листа), е отчетено 100% покълване на семената (Фигура 3). Тези резултати дават основание да се заключи, че риганът с всички свои вегетативни и подземни части благоприятства кълняемостта на доматените семена, което вероятно се дължи на богатия му фитохимичен състав - наличие на фенолни съединения, етерични масла и антиоксиданти.

При използването на тинктура от риган е регистриран аналогичен резултат -независимо от коя част на растението е използвана. Отчетена е 100% кълняемост на семената.

Резултатите от покълването на семена, третирани с медицинско вино от риган, отново показват, че всички растителни части (цяло растение, корен, стъбла и листа) допринасят за 100% кълняемост. Аналогичен резултат е получен при медицински оцет. Покълняването на доматените семена на 100% може да се обясни с взаимодействието на оцетните компоненти с фитохимикалите на ригана, което води до допълнително стимулиране на покълването.

Маслените екстракти съдържат високи концентрации на терпеноиди и феноли, като карвакрол и тимол, които са доказано свързани с повишаване на покълването на семената. При масления извлек от риган е отчетена 100% кълняемост на семената от всички части на растението.

От представените резултати ясно се вижда, че риганът е едно от растенията с най-силно стимулиращо действие върху кълняемостта на доматените семена, без значение от използваната част или метода на екстракция. Това подчертава потенциала му като естествен биостимулатор в устойчивото земеделие.

1.4. Влияние на *Coriandrum sativum* върху кълняемостта на семената от домат

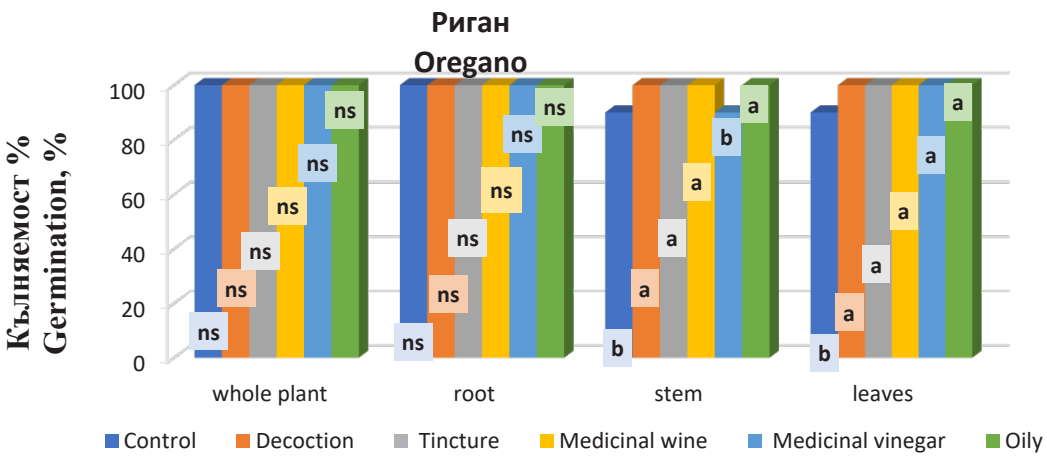
При декокт от кориандър резултатите показват един и същ процент на кълняемост (80%) за всички части на растението при третираните семена (Фигура 4). При използването на тинктура с растението кориандър, се наблюдават различни резултати. Цялото растение, корените и листата на кориандър, оказват по-ниск процент кълняемост (80%) за семената на домати, докато при филтрата от стъбла се отчита по-висок процент на кълняемост (90%).

Резултатите от покълването на семена от домати с извлек от медицинско вино, пригот-

вен от различни части на кориандър, показват положително въздействие върху процеса на кълняемост. Установено е, че кълняемостта достига 90% при използването на корени и листа от кориандър. По-нисък процент (80%) е регистриран при обработка с извлеци от цяло растение и стъбла.

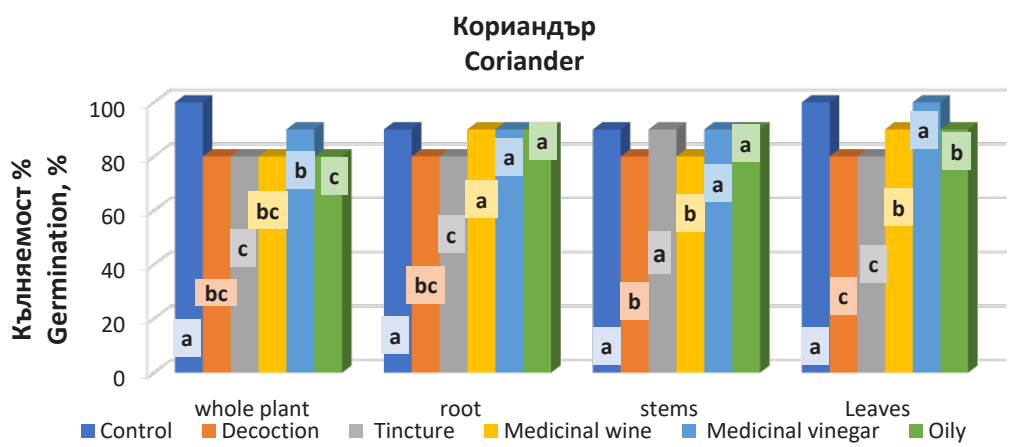
При изследване влиянието на медицински оцет с кориандър върху доматените семена, е отчетена 90% кълняемост при вариантите с цяло растение, корен и стъбла. При екстракта от листа на кориандър е регистрирана 100% кълняемост, което подчертава високото съдържание на фитостимулиращи съединения в листната маса. Според Iqbal et al. (2015), листата на кориандъра са богати на антиоксиданти и фенолни съединения, които благоприятстват ускореното покълване и повишават енергията на семената.

При приложението на маслен екстракт от кориандър се установи, че ефектът върху кълняемостта варира в зависимост от използваната част на растението. Най-висока кълняемост (90%) е регистрирана при използването



a, b – Duncan`s multiple range test

Фигура 3. Влияние на изелеци от риган върху кълняемостта на семената
Figure 3. Effect of oregano extracts on seed germination



a, b, c – Duncan`s multiple range test

Фигура 4. Влияние на изелеци от кориандър върху кълняемостта на семената
Figure 4. Influence of coriander extracts on seed germinati

на корени, стъбла и листа, докато при извлеците от цяло растение е отчетен по-нисък процент (80%). От проведеното изследване се установи, че кориандърът притежава потенциал като натурален биостимулатор за повишаване на кълняемостта при доматите. Особено впечатляващо е по-силното действие на листата при прилагане на оцетен екстракт, което може да се използва целенасочено в устойчивото производство на разсад. Разликите в ефективността между частите на растението подчертават значението на целенасочения избор на растителен материал и метод на екстракция за оптимални резултати.

ИЗВОДИ

Различните части на растенията оказват различно влияие върху кълняемостта на семена при сорт Грандо F_1. В резултат на проведеното изследване могат да се наоравят следните изводи:

1. Ефективността на екстрактите от мента зависи от използваната част на растението и метода на екстракция. Листата и стъблата влияят най-силно върху кълняемостта на семената. Най-високи резултати (100%) се постигат при използване на декокт от листа, тинктура от стъбла, медицинско вино от корени и стъбла, медицински оцет от листа и цяло растение, както и маслен екстракт от корени и стъбла.

2. При босилека се наблюдават известни вариации в ефективността в зависимост от използваната част на растението, като листата и корените показват най-добър ефект. Най-добри резултати (100%) са отчетени при декокт от цяло растение, тинктура от листа, маслен екстракт от корени и медицински оцет от цяло растение и корени.

3. Растението с най-силен стимулиращ ефект, върху кълняемостта на семената на домати сорт Грандо F_1 е риган. При него всички части на растението и всички екстракти водят до 100% кълняемост на доматените семена, независимо от метода на екстракция. Силното действие на ригана вероятно се дължи на високото съдържание на фенолни съединения и етерични масла като карвакрол и тимол.

4. При кориандъра влиянието върху кълняемостта е по-силно, когато се използват листа, което е свързано с високото съдържание на антиоксиданти и фенолни съединения в тази част на растението. Процентът на нормално покълналите семена варира от (80–90%).

5. Различията в ефективността на екстрактите подчертават важността на избора на конкретна растителна част и метод на извличане за оптимизиране на кълняемостта на семената в земеделието.

Конфликт на интереси: Авторите декларират, че няма наличие на конфликт на интереси.

ЛИТЕРАТУРА

Abdullin, I. F., Chernysheva, N. N., Turova, E. N., Ofitserov, E. N., Budnikov, G. K., Khaziev, R. Sh. (2002). Express estimation of antioxidant activity of plant raw materials. In: *Chemistry and Technology of Plant Substances:* IIVserussian Conf. Kazan, 77–78 (Ru).

Ahmed, T. (2004). Investigating allelopathic relationships in the soil-weed-tomato system. Abstract for the award of the degree of Doctor of Education and Science, 42 p. (Bg).

Akın, B. & Kocaçalışkan, İ. (2016). Effect of Juglone on Seed Germination and Seedling Growth of Endemic Species Aubrieta olympica Boiss. and Arabis drabiformis Boiss. In Tissue Culture Conditions. *Phyton* (Annales Rei Botanicae), 56(1), 121–128.

BDS EN 12145:2000. (2000). Fruit and vegetable juices — Determination of total dry matter — Gravimetric method with loss of mass on drying (Bg).

Borisova, B. (2013). Landscape Ecology and Landscape Planning. Prof. Marin Drinov Academic Publishing House (Bg).

Brooks, A. (2008). Allelopathy in Rye (*Secale cereale*). *Crop Science, Raleigh,* NC, 12–15.

Duncan, D. (1955). Multiple range and multiple F-test. Biometrics. 11, 1-42.

Chaski, C., Giannoulis, K. D., Alexopoulos, A. A. & Petropoulos, S. A. (2023). Biostimulant application

alleviates the negative effects of deficit irrigation and improves growth performance, essential oil yield and water-use efficiency of mint crop. *Agronomy*, 13(8), 2182. https://doi.org/10.3390/agronomy13082182

Chekalina, N. V., Belova, T. A., Budanova, L. A. & Berezutskaya, T. V. (2015). Experimental study of allelopathic mutualisms at early stages of plant development. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, Belgorod, 120–122. (Ru).

Dafaallah, A. B., & Ahmed, S. A. (2017). Allelopathic effects of sweet Basil (*Ocimum basilicum* L.) on seed germination and seedling growth of some Poaceous crops. *Int. J. Environ. Agric. Biotechnol*, *2*, 2629-2635.

Grzanka, M., Sobiech, Ł., Danielewicz, J., Horoszkiewicz-Janka, J., Skrzypczak, G., Sawinska, Z., Radzikowska, D. & Świtek, S. (2021). Impact of essential oils on the development of pathogens of the Fusarium genus and germination parameters of selected crops. Open Chemistry, 19(1), 884–893. https://doi.org/10.1515/chem-2021-0079

Hsouna, A. B., Touj, N., Hammami, I., Dridi, K., Al-Ayed, A. S. & Hamdi, N. (2019). Chemical composition and in vivo efficacy of the essential oil of *Mentha piperita* L. in the suppression of crown gall disease on tomato plants. *Journal of Oleo Science*, 68(5), 419–426. https://doi.org/10.5650/jos.ess18261

Iqbal, M. Z., Ahmed, L., Shafiq, M., & Athar, M. (2015). Allelopathic effects of red pepper (*Capsicum annuum* L.) and coriander (*Coriandrum sativum* L.) on early seedling growth of wheat (*Triticum aestivum* L.). Advances in environmental research, 4(1), 1-15.

Islam, A. M., & Kato-Noguchi, H. (2014). Phytotoxic activity of *Ocimum tenuiflorum* extracts on germination and seedling growth of different plant species. *The Scientific World Journal*, 2014(1), 676242.

Kalleli, F., Abid, G., Ben Salem, I., Boughalleb-M'hamdi, N. & M'hamdi, M. (2020). Essential oil from fennel seeds (Foeniculum vulgare) reduces Fusarium wilt of tomato (*Solanum lycopersicon*). *Phytopathologia Mediterranea*, 59(1), 63–76.

Kaneva, Hr., Velcheva, Sl. & Petrova, Sl. (2017). Allelopathic interactions in agrocenoses. Ninth Student Scientific Conference "Ecology - a way of thinking", Plovdiv University "Paisii Hilendarski", Faculty of Biology, 43–61 (Bg).

Khalid, K. A. & Shedeed, M. R. (2014). Influence of kinetin on growth and biochemical accumulation in *Nigella sativa* L. plants grown under salinity stress conditions.

Kosolap, N. (2008). Allelopathy is the cause of many consequences. *Grain*, 9, 46–52 (Ru).

Kruidhov, M. (2008). Cover crop-based ecological weed management: Exploration and optimization. EWRS Newsletter, 103, July 2008.

Macías, F. A., Galindo, J. C. G. & Molinillo, J. M. G. (2003a). Allelopathy: Chemistry and mode of action of allelochemicals. CRC Press.

Macías, F.A., Marín, D., Oliveros-Bastidas, A., Varela, R. M., Simonet, A. M., Carrera, C. & Molinillo, J. M. G. (2003b). Allelopathy as a new strategy for sustainable ecosystems development. Biological Sciences in Space, 17(1), 18–23.

Mammadov, R. (2014). Tohumlu Bitkilerde Sekonder Metabolitler. Nobel Yayın, Ankara.

MAY Seed. (2021). Product catalog of MAY Seed.

Mekky, M. S., Hassanien, A. M. A., Kamel, E. M. & Ismail, A. E. A. (2019). Allelopathic effect of *Ocimum basilicum* L. extracts on weeds and some crops and its possible use as new crude bio-herbicide. *Annals of Agricultural Sciences*, 64(2), 211–221.

Murphy, S. D. (2001). The role of pollen allelopathy in weed ecology. Weed Technology, 15(1), 204–215.

Nasrin, M. S., Jesmin, F., Rahman, M. M., & Alam, M. F. (2016). Seed germination potential, phytochemical analysis and antioxidant activity of two tomato varieties. *International Journal of Biosciences*, 8(1), 63.

Pashoutan, K. & Yarnia, M. (2014). Allelopathic effect of peppermint on growth and seed production of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*). *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 5, 492–500.

Rawat, L. S., Maikhuri, R. K., Negi, V. S., Bahuguna, Y. M., Pharswan, D. S., & Maletha, A. (2016). Allelopathic performance of medicinal plants on traditional oilseed and pulse crop of Central Himalaya, India. *National Academy Science Letters*, *39*, 141-144. https://doi.org/10.1007/s40009-016-0435-3

Reigosa, M. J., Roger, M., Pedrol, N. & González, L. (2006). Allelopathy: A physiological process with ecological implications. *Springer*, 538 p.

Rice, E. L. (1979). Allelopathy-An update. The Botanical Review, 45, 15–109.

Rice, E. L. (1995). Biological control of weeds and plant disease: Advances in applied allelopathy. University of Oklahoma Press, Norman.

Rizvi, S. J. H. & Rizvi, V. (1992). Allelopathy. Chapman and Hall, London, 480 p.

Rosado, L. D. S., Rodrigues, H. C. A., Pinto, J. E. B. P., Custódio, T. N., Pinto, L. B. B., & Bertolucci, S. K. V. (2009). Allelopathy of aqueous extract and essential oil of leaves from basil" Maria Bonita" on lettuce, tomato and melissa germination. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, *11*, 422-428.

Saltos-Rezabala, L.A., Silveira, P. R. D., Tavares, D. G., Moreira, S. I., Magalhães, T. A., Botelho, D. M. D. S. & Alves, E. (2022). Thyme essential oil reduces disease severity and induces resistance against *Alternaria linariae* in tomato plants. *Horticulturae*, 8(10), 919. https://doi.org/10.3390/horticulturae8100919

Singh, H. P., Batish, D. R. & Kohli, R. K. (2001). Allelopathy in Agroecosystems. *Journal of Crop Production,* 4(2), 1–41.

Wang, C., Xiao, H., Zhao, L., Liu, J., Wang, L., Zhang, F., Shi, Y., & Du, D. (2016). The allelopathic effects of invasive plant Solidago canadensis on seed germination and growth of Lactuca sativa enhanced by different types of acid deposition. Ecotoxicology, 25, 555–562.

Yurlisa, K., & Sholihah, S. M. (2023). Allelopathic Potential of Basil's Leaves Extracts on the Germination Characteristics of Several Vegetables. In 3rd International Conference on Smart and Innovative Agriculture (ICoSIA 2022) (551-559). Atlantis Press.

Zheljazkov, V. D., Craker, L. E., Xing, B., Nielsen, N. E. & Wilcox, A. (2008). Aromatic plant production on metal contaminated soils. Science of the Total Environment, 395(2–3), 51–62.

Zheljazkov, V. D., Jeliazkova, E. A. & Astatkie, T. (2021). Allelopathic effects of essential oils on seed germination of barley and wheat. *Plants*, 10 (12), 2728. https://doi.org/10.3390/plants10122728

Received: November, 07, 2025; *Approved:* November, 28, 2025; *Published:* December, 2025