ISNN 3030-3907

2026
MAY
ISSUE - 5
VOLUME -12

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

MAY 2026
Issue - 5, VOLUME – 12

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

GIPOMAGNIT MAYDONNING DORIVOR YALPIZDA MENTOL HOSILDORLIGI VA FOTOSINTETIK FAOLLIKKA TA'SIRI

Dilnura Saidqulova
Samarqand davlat tibbiyot universiteti, Pedagogika va psixologiya fakulteti 1-bosqich talabasi.
Anvarjon Buronov
Samarqand davlat tibbiyot universiteti Biotexnologiya, muhandislik va farmatsiya fakulteti assistenti.
E-mail: anvarjon4488@gmail.com

Annotatsiya. Yerning geomagnit maydoni (*GMF*) o'simliklar hayotida ko'pincha e'tibordan chetda qoladigan muhim ekologik omil hisoblanadi. Ushbu tadqiqotda GMF ni sun'iy ravishda kamaytirish (gipomagnit maydon, *hMF*) yaltiz (*Mentha piperita*) o'simligining fiziologik va metabolik jarayonlariga qanday ta'sir qilishi o'rganildi. Natijalar shuni ko'rsatdiki, *hMF* sharoitida mentol miqdori sezilarli darajada kamaygan, garchi mentol biosintezidagi asosiy genlarning ifodasi kuchaygan bo'lsa-da. Fotosintetik samaradorlik pasaygan, buning natijasida o'simlik resurslarini qayta taqsimlab, himoya mexanizmlarini faollashtirgan. *GMF* o'simlik metabolizmini nozik sozlovchi muhim omil ekanligi aniqlandi.

Kalit so'zlar: geomagnit maydon, yaltiz, mentol, fotosintez, flavonoidlar, reaktiv kislorod turlari, gen ifodasi

Аннотация. Геомагнитное поле Земли (*GMF*) является важным экологическим фактором, часто недооцениваемым в физиологии растений. В данном исследовании изучалось влияние искусственного уменьшения GMF (гипомагнитное поле, *hMF*) на мяту перечную (*Mentha piperita*). Результаты показали, что в условиях *hMF* содержание ментола значительно снижается, несмотря на парадоксальное усиление экспрессии ключевых генов его биосинтеза. Снижение эффективности фотосинтеза приводит к перераспределению ресурсов в пользу защитных механизмов. Установлено, что *GMF* является важным фактором тонкой регуляции метаболизма растений.

Ключевые слова: геомагнитное поле, мята перечная, ментол, фотосинтез, флавоноиды, активные формы кислорода, экспрессия генов

Abstract. The Earth's geomagnetic field (*GMF*) is rarely considered a major environmental regulator of plant physiology. This study investigated the effects of a reduced *GMF* (hypomagnetic field, *hMF*) on peppermint (Mentha piperita). Our results show that *hMF* significantly reduces menthol content, despite the paradoxical upregulation of key menthol biosynthesis genes. Photosynthetic efficiency is impaired, as evidenced by lower PSII parameters and reduced photochemical quenching under high light. The plant adjusts its reactive oxygen

species (ROS) homeostasis by increasing ROS generation and detoxification, leading to reduced steady-state H_2O_2 levels. These changes are associated with a significant decrease in total photoprotective phenolic compounds. Our findings establish the *GMF* as a critical, fine-tuning factor regulating peppermint's metabolic homeostasis.

Keywords: geomagnetic field, peppermint, menthol, photosynthesis, flavonoids, reactive oxygen species, gene expression

KIRISH.

Yerning geomagnit maydoni (*GMF*) nafaqat ko'chib yuruvchi hayvonlar uchun yo'l ko'rsatuvchi vosita, balki butun tirik dunyoni zararli kosmik va quyosh radiatsiyasidan himoya qiluvchi muhim qalqon vazifasini ham bajaradi [1]. *GMF* doimiy emas – uning qutblari vaqt o'tishi bilan o'zgarib turadi, hatto to'liq qutblanish inversiyasi ham sodir bo'lishi mumkin [2]. So'nggi yillarda o'simliklar *GMF* ning o'zgarishlarini abiotik stress sifatida sezishi va ularga javoban fiziologik va metabolik o'zgarishlar bilan munosabat bildirishi aniqlangan [3].

O'zbekistonda ham yaltiz (*Mentha piperita*) kabi efir moyli o'simliklar qishloq xo'jaligida muhim ahamiyatga ega. Yaltiz efir moyi tarkibidagi mentol va boshqa terpenoidlar farmatsevtika, oziq-ovqat va kosmetika sanoatida keng qo'llaniladi [4]. Shu sababli, *GMF* kabi noyob ekologik omillarning yaltiz metabolizmiga ta'sirini o'rganish nafaqat fundamental fan, balki amaliy jihatdan ham dolzarb hisoblanadi.

Ushbu tadqiqotning maqsadi – *GMF* ni sun'iy ravishda kamaytirish (gipomagnit maydon, *hMF*) yaltiz o'simligining fotosintetik samaradorligi, terpenoid va flavonoid biosintezi, shuningdek, reaktiv kislorod turlari (ROS) gomeostaziga qanday ta'sir qilishini aniqlash. Ilmiy yangilik – *GMF* ning o'simlik metabolizmini nozik sozlashdagi roli birinchi marta kompleks fizologik va molekulyar darajada o'rganilmoqda.

ADABIYOTLAR TAHLILI.

Dunyo miqyosida o'rganishlar holati. Geomagnit maydonning biologik ta'sirlari kvant biologiyasi bilan bog'liq holda o'rganilmoqda [5]. Ma'lumki, o'simliklar magnit maydon o'zgarishlariga ildiz o'sishi, gullash vaqti va gen ifodasidagi o'zgarishlar bilan javob beradi [6]. Masalan, Arabidopsis thaliana da *GMF* ning kamayishi gullash vaqtini kechiktirishi aniqlangan [7]. Biroq, aromatik o'simliklarda, xususan, terpenoid metabolizmiga *GMF* ta'siri deyarli o'rganilmagan.

Yaltiz efir moyi tarkibi suv tangisligi [8], og'ir metallar [9] va tuz stressi [10] kabi omillar ta'sirida o'zgarishi ma'lum. Biroq, magnit maydonning bevosita ta'siri haqidagi ma'lumotlar juda kam. Masalan, Parmagnani va boshq. (2022) [11] *hMF* sharoitida Arabidopsis da ROS gomeostazining o'zgarishini qayd

ISSN 3030-3907

etganlar, biroq terpenoidlarga ta’sirini o‘rganmaganlar.

O‘zbekiston sharoitida olib borilgan tadqiqotlar. O‘zbekistonda magnit maydonlarning o‘simliklarga ta’siri bo‘yicha tadqiqotlar juda cheklangan. Asosan, magnitlangan suvning o‘simliklarning o‘sishi va rivojlanishiga ta’siri o‘rganilgan bo‘lsa-da, geomagnit maydonning bevosita o‘zgarishlari (masalan, *hMF*) bo‘yicha ilmiy ishlar mavjud emas. Shu sababli, ushbu tadqiqot natijalari O‘zbekiston olimlari uchun qimmatli bo‘lib, ularni mahalliy sharoitda takrorlash va moslashtirish istiqbolli hisoblanadi. Asosiy bo‘shliq – *GMF* ning terpenoid biosinteziga ta’sir mexanizmlari hali to‘liq ochilmagan.

TADQIQOT METODOLOGIYASI.

Tadqiqot turi: Eksperimental, *in vitro* va *ex situ* sinovlarni o‘z ichiga olgan laboratoriya tadqiqoti.

Ob’yekt: O‘zbekistonning Samarqand hududidan olingan *Mentha piperita* L. (‘Black Mitcham’ navi) yaltiz o‘simligi.

Predmet: hMF sharoitida yaltizning fotosintez samaradorligi, terpenoid va flavonoid tarkibi, ROS gomeostazi va tegishli genlarning ifodasi.

Asosiy metodlar:

1. *Gipomagnit maydon (hMF) yaratish:* Uch o‘qli Helmholtz g‘altaklari tizimi yordamida *GMF* ~50 μT dan ~50 nT gacha (taxminan 1000 marta) kamaytirilgan. O‘simliklar 4 hafta davomida *hMF* yoki normal *GMF* (nazorat) sharoitida o‘stirilgan.

2. *Efir moyi tahlili:* Gidrodistillatsiya, so‘ng gaz xromatografiyasi (*GC-FID*) va GC-mass-spektrometriya (*GC-MS*) yordamida terpenoidlar aniqlangan [12].

3. *Trichoma zichligi:* Peltat trichomalar (terpenoid sintezi joyi) stereomikroskop yordamida hisoblangan [13].

4. *Fotosintetik pigmentlar va samaradorlik:* Xlorofillar va karotinoidlar spektrofotometrik usulda aniqlandi [14]. Fotosintez samaradorligi OJIP, NPQ va PAM florometriyasi yordamida baholangan.

5. *Flavonoid tahlili:* Yuqori samarali suyuq xromatografiya (*HPLC*) bilan bog‘langan DAD va ESI-MS/MS tizimida o‘tkazilgan [15].

6. *Statistik tahlil:* Ma’lumotlar o‘rtacha ± standart og‘ish sifatida taqdim etilgan. Guruhlar o‘rtasidagi farqlar bir o‘lchovli ANOVA va Tukey post-hoc testi bilan baholangan ($p < 0.05$). Klaster tahlili va bosh komponentlar tahlili (PCA) ham o‘tkazilgan.

MUHOKAMA VA NATIJALAR.

hMF mentol miqdorini kamaytiradi, ammo gen ifodasini oshiradi.

Efir moyi tahlili shuni ko‘rsatdiki, hMF sharoitida efir moyining umumiy chiqishi o‘zgarmagan, biroq mentol miqdori sezilarli darajada kamaygan

ISSN 3030-3907

(hMF/GMF nisbati = 0,57; 1-jadval). Ayrim kichik monoterpenlar (masalan, sabinen, β-pinen, p-simen) esa aksincha, bir necha baravar ko‘paygan. Mentol/menton nisbati hMF da sezilarli darajada past bo‘lgan, bu menton reduktaza fermenti faolligining pasayishidan dalolat beradi.

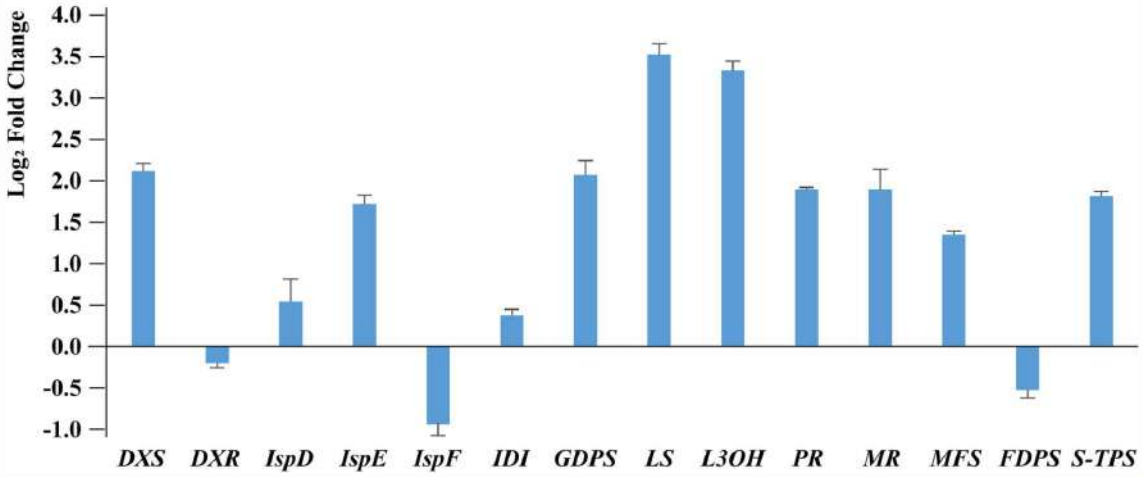
1-jadval.

Yaltiz efir moyining asosiy komponentlari GMF va hMF sharoitida (mg/kg quruq vazn).

Birikma	GMF	hMF	hMF/GMF nisbati
Mentol	1037,62 ± 106,64	586,49 ± 61,81	0,57 *
Menton	4108,8 ± 422,49	4274,46 ± 505,67	1,04
Menthofuran	2128,31 ± 179,05	1790,79 ± 218,4	0,84
Pulegon	1480,76 ± 262,97	1606,73 ± 249,46	1,09
Sabinen	9,82 ± 0,87	51,88 ± 2,84	5,28 *

– $p < 0,05$ (GMF ga nisbatan farq statistik ahamiyatli)

Qiziqarli jihati shundaki, *hMF* sharoitida mentol biosintezidagi asosiy genlar – DXS, IspE, LS, L3OH, PR, MR va hatto menthofuran sintezasi (MFS) – sezilarli darajada yuqori ifodalangan (1-rasm). Bu paradoks – gen ifodasining kuchayishi, ammo metabolit miqdorining kamayishi – transkripsiyadan keyingi bosqichda (masalan, ferment faolligining pasayishi yoki kofaktor yetishmovchiligi) muammo borligini ko‘rsatadi. Peltat trichomalar zichligi o‘zgarmagan, shuning uchun o‘zgarishlar metabolik, morfologik emas.



***1-rasm. Yalpizda terpenoid biosintez genlarining ifodasi (Log₂ hMF/GMF).* Ijobiy qiymatlar hMF da ifodaning kuchayishini, manfiy qiymatlar esa pasayishini bildiradi. DXS, LS, L3OH va MFS kabi genlar sezilarli darajada yuqori ifodalangan (p < 0,05).**

hMF flavonoid metabolizmini o‘zgartiradi. hMF sharoitida umumiy fenolik birikmalar miqdori (TPC) sezilarli darajada kamaygan. HPLC-ESI-MS/MS tahlili 80 dan ortiq flavonoid aglikon va glikozidlarni aniqlagan. Katexin, dihidrokempferol, dihidromiritsetin va dihidrokversetin *hMF* da ko‘proq bo‘lsa,

ISSN 3030-3907

ramnetin, kversetin, naringenin va kempferol *GMF* da ko‘proq bo‘lgan. Glikozidlanish darajasi o‘zgargan – *hMF* da diglukozidlar, arabinozidlar va glyukuronidlar ko‘paygan. Bu GMF ning glikoziltransferaza fermentlari faolligini modulyatsiya qilishini ko‘rsatadi.

hMF ROS gomeostazini modulyatsiya qiladi. hMF da H_2O_2 ning barqaror konsentratsiyasi *GMF* ga nisbatan sezilarli darajada past bo‘lgan. ROS ishlab chiqaruvchi gen RBOHD *hMF* da yuqori ifodalangan bo‘lsa, H_2O_2 ni parchalovchi katalaza (*CAT*) past ifodalangan. Buning o‘rniga, askorbat peroksidaza (*APX2*) – sitozolik, stress bilan induksiyalanadigan ferment – kuchli yuqori ifodalangan. *SOD1* ifodasi o‘zgarmagan. Bu shuni ko‘rsatadiki, *hMF* da o‘simlik ROS gomeostazini o‘zgartirgan: *RBOHD* orqali ROS ishlab chiqarish kuchaygan, ammo *APX2* orqali samarali detoksifikatsiya qilish tufayli H_2O_2 ning barqaror miqdori past bo‘lgan.

Metabolik kompromiss: himoya yoki hosildorlik?

Umumiy natijalar shuni ko‘rsatadiki, *hMF* o‘simlikda bir qator o‘zgarishlarni keltirib chiqaradi: fotosintez samaradorligi pasayadi, bu NADPH ishlab chiqarilishini kamaytiradi; NADPH ning kamayishi o‘z navbatida menton reduktaza fermenti faolligini cheklab, mentol sintezini inhibe qiladi. Shu bilan birga, o‘simlik APX2 ni kuchaytirib, ROS detoksifikatsiyasiga ko‘proq resurs sarflaydi. Bu esa flavonoidlar (fotoprotektorlar) sinteziga yo‘naltiriladigan uglerod va energiyaning kamayishiga olib keladi. Natijada, o‘simlik qisqa muddatli himoyani (ROS detoksifikatsiyasi) uzoq muddatli samaradorlik va hosildorlikdan (mentol, flavonoidlar) ustun qo‘yadi – bu klassik metabolik kompromiss (trade-off) hisoblanadi.

XULOSA VA TAKLIFLAR.

Ushbu tadqiqot asosida quyidagi xulosalar chiqarildi:

1. Yerning geomagnit maydoni (*GMF*) yaltiz o‘simligi metabolizmini nozik sozlovchi muhim ekologik omil ekanligi aniqlandi. *GMF* ning kamayishi (*hMF*) o‘simlikda sistematik fiziologik va metabolik o‘zgarishlarga olib keladi.
2. *hMF* sharoitida mentol miqdori kamayadi, ammo uning biosintezidagi asosiy genlar paradoksal ravishda yuqori ifodalanadi. Bu transkripsiyadan keyingi bosqichda (ferment faolligining pasayishi) uzilish borligini ko‘rsatadi.
3. *hMF* fotosintez samaradorligini pasaytiradi (F_0, F_j, Fm, Fv, ΦPSII), ayniqsa yuqori yorug‘lik sharoitida. Bu NADPH yetishmovchiligiga va mentol sintezining keyingi bosqichlarining inhibisiyasiga olib keladi.
4. *hMF* da o‘simlik ROS gomeostazini o‘zgartiradi: *APX2* orqali samarali detoksifikatsiya qilish hisobiga H_2O_2 ning barqaror konsentratsiyasi pasayadi, ammo bu resurslarni flavonoid sintezidan chalg‘itadi.
5. *hMF* yaltizda himoya mexanizmlari (ROS detoksifikatsiyasi) va hosildorlik

ISSN 3030-3907

(mentol va flavonoid sintezi) o‘rtasida metabolik kompromissni keltirib chiqaradi.

Amaliy takliflar:

- O‘zbekiston sharoitida yaltiz va boshqa efir moyli o‘simliklarni (rayhon, yalpiz) yetishtirishda *GMF* o‘zgarishlarini (masalan, sun’iy magnit maydonlar yordamida) boshqarish orqali kerakli metabolitlar (mentol, karvon) sintezini kuchaytirish imkoniyatlari o‘rganilsin.
- *hMF* ning o‘simliklarga uzoq muddatli ta’siri va hujayra darajasidagi mexanizmlarini (masalan, magnitoreseptorlarni) aniqlash bo‘yicha fundamental tadqiqotlar tashkil etilsin.
- Qishloq xo‘jaligi amaliyotida magnit maydonlarni (masalan, magnitlangan suv, magnit maydonli issiqxonalar) qo‘llashning iqtisodiy samaradorligi va ekologik xavfsizligi baholansin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Mannino G, Caldo F, Maffei ME. Reduced geomagnetic field modulates photosynthetic electron flow, menthol yield, flavonoid photoprotection and ROS homeostasis in peppermint (Mentha × piperita L.). *Plant Physiology and Biochemistry*. 2026;233:111213. doi: 10.1016/j.plaphy.2026.111213
2. Valet J, Fournier A. Deciphering records of geomagnetic reversals. *Reviews of Geophysics*. 2016;54(2):410-446. doi: 10.1002/2015rg000506
3. Hafeez MB, Zahra N, Ahmad N, et al. Growth, physiological, biochemical and molecular changes in plants induced by magnetic fields: a review. *Plant Biology*. 2023;25(1):8-23. doi: 10.1111/plb.13459
4. Salehi B, Stojanovic-Radic Z, Matejic J, et al. Plants of genus Mentha: from farm to food factory. *Plants*. 2018;7(3):70. doi: 10.3390/plants7030070
5. Maffei ME. Plant quantum biology: the quantum dimension of plant responses to stress. *Plant Stress*. 2025;17:100930. doi: 10.1016/j.stress.2025.100930
6. Maffei ME. Magnetoreception in plants. In: Shoogo U, Tsukasa S, editors. *Bioelectromagnetism. History, Foundations and Applications*. CRC Press; 2022. p. 191-214. doi: 10.1201/9781003181354
7. Agliassa C, Narayana R, Bertea CM, Rodgers CT, Maffei ME. Reduction of the geomagnetic field delays Arabidopsis thaliana flowering time through downregulation of flowering-related genes. *Bioelectromagnetics*. 2018;39(5):361-374. doi: 10.1002/bem.22123
8. Abdi G, Shokrpour M, Salami S. Essential oil composition at different plant growth development of peppermint (Mentha x piperita L.) under water deficit stress. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*. 2019;22(2):431-440. doi: 10.1080/0972060x.2019.1581095
9. Azimychetabi Z, Nodehi M, Moghadam T, Motesharezadeh B. Cadmium stress

ISSN 3030-3907

alters the essential oil composition and the expression of genes involved in their synthesis in peppermint (Mentha piperita L.). *Industrial Crops and Products*. 2021;168:113602. doi: 10.1016/j.indcrop.2021.113602

10. Caldo F, Mannino G, Maffei ME. Salt stress re-routes terpenoid and flavonoid metabolism in peppermint (Mentha x piperita L.). *Physiologia Plantarum*. 2025;177:e70694. doi: 10.1111/ppl.70694

11. Parmagnani AS, Mannino G, Maffei ME. Transcriptomics and metabolomics of reactive oxygen species modulation in near-null magnetic field-induced Arabidopsis thaliana. *Biomolecules*. 2022;12(12):1824. doi: 10.3390/biom12121824

12. Bicchi C, Maffei M. The plant volatile: methods of analysis. In: Normanly J, editor. *High-Throughput Phenotyping in Plants: Methods and Protocols*. Humana Press; 2012. p. 289-310. doi: 10.1007/978-1-61779-995-2_15

13. Maffei M, Chialva F, Sacco T. Glandular trichomes and essential oils in developing peppermint leaves. *New Phytologist*. 1989;111(4):707-716. doi: 10.1111/j.1469-8137.1989.tb02366.x

14. Lichtenthaler H, Wellburn A. Determination of total carotenoids and chlorophylls A and B of leaf in different solvents. *Biochemical Society Transactions*. 1983;11(5):591-592. doi: 10.1042/bst0110591

15. Mannino G, Kunz R, Maffei ME. Discrimination of green coffee (Coffea arabica and Coffea canephora) of different geographical origin based on antioxidant activity, high-throughput metabolomics, and DNA RFLP fingerprinting. *Antioxidants*. 2023;12(5):1135. doi: 10.3390/antiox12051135

16. Maffei M, Scannerni S. UV-B effect on photomorphogenesis and essential oil composition in peppermint (Mentha piperita L.). *Journal of Essential Oil Research*. 2000;12(5):523-529. doi: 10.1080/10412095.2000.9712150

ISSN 3030-3907