



AZƏRBAYCAN ELM FONDU

**Azərbaycan Elm Fondunun
2022-ci il üçün ƏSAS qrant müsabiqəsinin
(AEF-MCG-2022-1(42)) qalibi olmuş
layihənin yerinə yetirilməsi üzrə aralıq
(rüblük olaraq 7-ci mərhələ)**

ELMİ-TEXNİKİ HESABAT

Layihənin adı: **2D materiallarla modifikasiya edilmiş yeni heterotsiklik əsaslı agentlərin bioloji və in siliko tədqiqatları**

Layihə rəhbərinin soyadı, adı və atasının adı: **Həsənova Ülviyyə Əliməmməd qızı**

Layihənin nömrəsi: **AEF-MCG-2022-1(42)-12/11/4-M-11**

Müqavilənin imzalanma tarixi: **04 aprel 2023-cü il**

Qrant layihəsinin yerinə yetirilmə müddəti: **24 ay**

Layihənin icra müddəti (başlama və bitmə tarixi): **01 may 2023-cü il - 01 may 2025-ci il**

Layihənin VII mərhələ üzrə (rüb) məbləği:

Hesabatda aşağıdakı məsələlər işıqlandırılmalıdır:

1	Layihənin həyata keçirilməsi üzrə cari rübdə yerinə yetirilmiş elmi işlər Bitkilər müxtəlif biotik və abiotik stress amillərinə məruz qalırlar. Bitkilər təkamül prosesində inkişaf etdirdikləri uyğunlaşma sistemlərindən istifadə edərək belə çətinliklərə cavab olaraq öz böyümə və inkişafalarını tənzimləyirlər. Hormonlar bitkilərin böyümə və inkişafı, həmçinin müxtəlif stress siqnallarının inteqrasiyası və stressə cavab reaksiyalarının tənzimlənməsi üçün mühüm rol oynayır. Bitkilərin böyüməsində bir sıra fizioloji prosesləri idarə edən əsas fitohormonlardan biri indol törəmələri olan auksinlərdir. Auksin floem və qütblü (istiqamətli) nəqlimə sistemi vasitəsilə paylanır. Bu hormon embrionda ikitərəfli simmetriyanın formalaşması, kök əmələ gəlməsi, apikal dominantlıq, ətraf mühit reaksiyaları, qravitropizm və fototropizm kimi bitki inkişafı ilə bağlı müxtəlif fizioloji prosesləri idarə edir. Bu reaksiyalar bitkilərin transkripsiya proqramının dəyişdirilməsini, auxin siqnal reseptoru olan transport inhibitoru qəbuledicisi1 (TIR1) və F-box proteini vasitəsilə siqnal qəbulu daxil olmaqla xüsusi hüceyrə siqnal ötürmə mexanizmi ilə həyata keçirilir. Auksin reaksiyaları əksər toxumalarda konsentrasiyadan asılıdır və müxtəlif toxumalar ekzogen auksinlərin müxtəlif konsentrasiyalarına fərqli reaksiya göstərir. Auksinin endogen səviyyəsi ciddi şəkildə tənzimlənməlidir, çünki yüksək miqdarda olması böyümə və inkişaf üçün çox vaxt maneə törədə bilər. İndol törəməsi olan indol-3-asetik turşusu (IAA) fitohormonu hal-hazırda hüceyrələrdə böyümə ilə bağlı reaksiyaları təşviq etmək üçün uyğun miqdarda ekzogen şəkildə tətbiq edilir. Bu, kök, gövdə və yarpaqların böyüməsini artırır və hüceyrə bölünməsi və genişlənməsi ilə əlaqəli genləri induksiya edərək fotosintetik qabiliyyəti yaxşılaşdırır. Bununla belə, daha səmərəli IAA molekulunun
---	---

hüceyrələrə daxil edilməsini təmin etmək üçün bir sıra texnikalardan istifadə olunur. Bu məqsəd üçün əsas diqqət nanodaşıyıcıların inkişafına yönəlib, bu da nanoteknologiya sahəsində əsas yeniliklərdən biridir.

Yuxarıda qeyd olunan faktlara əsaslanaraq, bu tədqiqatda pambıq tinglərinə IAA fitohormonu və IAA+GO nanoansamblı tətbiq edilmişdir. Məqsəd, bitkilərin böyümə parametrlərini və antioksidant ferment aktivliyini öyrənmək idi. Bundan əlavə, işıq və elektron mikroskopik üsullardan istifadə edərək, GO əsaslı nanoensambların orqanlarda, toxumalarda, hüceyrələrdə və orqanoidlərdə bioakkumulyasiyası ölçülmüş və onların yaratdığı mümkün patoloji dəyişikliklər qiymətləndirilmişdir.

Qrafen oksidi nanolayları maddifikasiya olunmuş Hummer üsulu ilə sintez edilir. Sintez üçün IAA+GO nanoensemblı 0,005 q qrafen oksidi götürüldü və 15 dəqiqə ərzində 20 ml etanolda sonifikasiya edilmişdir. Sonra, 2 ml etanolda həll edilmiş 0,05 qr IAA yavaş-yavaş GO dispersiyasına əlavə edildi və qarışıq 1 gün ərzində qarışdırıldı. Qatı qarışıq süzülür və EtOH ilə yuyulur və otaq temperaturunda qurumağa buraxılmışdır.

Keçirici elektron mikroskopiyası (TEM) qrafen oksid (GO) nanolaylarının və onun indol-3-asetik turşusu (GO+IAA) ilə nanoansamblın morfologiyasını və struktur xüsusiyyətlərini tədqiq etmək üçün istifadə olunmuşdur. GO nanolaylarının TEM görüntüləri qrafen oksid üçün xarakterik olan nazik, qırışmış və laylı strukturu aşkar etmişdir. Bu nanolayların eninə ölçüləri 500 nm ilə 1 μ m arasında dəyişmişdir. GO nanosəthləri yüksək dərəcədə şəffaf görünmüş, səthdəki funksional qruplar arasındakı qarşılıqlı təsirlər səbəbindən bəzi qatlanmalar müşahidə edilmişdir.

IAA ilə funksionallaşdırıldıqdan sonra TEM görüntülərində kontrastın bir qədər artdığı və GO nanolaylarının bəzi bölgələrinin daha qeyri-şəffaf göründüyü müəyyən edilmişdir. Bu qeyri-şəffaflığın artması, IAA molekullarının GO-nun elektron ötürmə qabiliyyətini azaltması ilə izah olunur və IAA-nın GO səthinə qeyri-kovalent qarşılıqlı təsirlər vasitəsilə uğurla birləşdiyini göstərir.

Bundan əlavə, GO laylarının bir qədər qalınlaşması IAA-nın mövcudluğunu sübut edir, bu da funksionallaşdırmanın qrafen oksid səthində əlavə molekulyar laylar yaratdığını göstərir. GO+IAA konjuqatı modifikasiya edilməmiş GO ilə müqayisədə daha möhkəm və bir qədər kobud struktur sərgiləmişdir ki, bu da GO nanolayları ilə IAA molekulları arasındakı qarşılıqlı təsirlərin nəticəsi ola bilər.

FTİQ spektri, hidroksil (-OH), karbonil (C=O), karboksil (-COOH) və epoksi (C-O-C) kimi çoxsaylı oksigen tərkibli funksional qrupların yaranması sayəsində qrafitin qrafen oksidə uğurla oksidləşdiyini təsdiqləyir. Aşağıdakı şəkildə 3585.26 sm^{-1} -də müşahidə olunan pik hidroksil (O-H) qruplarının mövcudluğunu göstərir. Geniş və intensiv siqnallar qrafen oksid laylarının səthində və ya kənarlarında hidrogen rabitələri ilə əlaqəli -OH qruplarına xasdır və bu da onun hidrofilik xüsusiyyətini təsdiqləyir (Fatehi və digərləri, 2022).

GO-ya xas bəzi spektral zolaqlar 3029.43 sm^{-1} , 1715.40 sm^{-1} , 1574.47 sm^{-1} və 1344.82 sm^{-1} -də müşahidə olunmuşdur. Bunlar müvafiq olaraq sp^2 və ya sp^3 hibridləşmiş C-H rabitələrinin uzanma vibrasiyaları, karbonil (C=O) qrupları, aromatik C=C rabitələri və C-O rabitələri ilə əlaqəlidir. Bu rabitələr, çox güman ki, GO səthindəki spirtlər, fenollar və ya epoksi qruplardan qaynaqlanır (məs., Kalidas və digərləri, 2024; He və digərləri, 2015; Botella və digərləri, 2022). Epoksi (C-O-C) və alkoksi (C-O) qruplarının uzanma vibrasiyalarına uyğun gələn pikin müvafiq olaraq 1222.56 sm^{-1} və 1040.63 sm^{-1} -də

olduğu müəyyən edilmişdir (Verma və digərləri, 2015).

IAA-nın FTİQ spektri onun xarakterik funksional qruplarının mövcudluğunu təsdiqləyir. Təxminən 3381.20 sm^{-1} -də müşahidə olunan kəskin və aydın pik indol qrupuna aid N–H uzanma vibrasiyasına uyğundur. $2650\text{--}3200\text{ sm}^{-1}$ diapazonunda müşahidə olunan bir sıra absorbsiya zolaqları hidrogen rabitələri ilə əlaqəli –OH qruplarının uzanma vibrasiyalarına aid edilir. 1694.16 sm^{-1} -də yerləşən fərqli və intensiv zolaq, karboksil funksional qrupunda olan karbonil (C=O) qrupunun uzanma vibrasiyalarına uyğundur (məs., Chimatadar və digərləri, 2007; Kamnev və digərləri, 2001).

IAA ilə funksionallaşdırıldıqdan sonra bu O–H uzanma vibrasiyası qorunub saxlanılır, lakin IAA-nın karboksil turşusu funksional qrupunun yaratdığı əlavə hidroksil qrupları səbəbindən intensivliyi dəyişir. Bu pikdəki artım daha güclü hidrogen rabitəsi qarşılıqlı təsirlərini göstərə bilər və IAA-nın GO səthinə uğurla birləşdirildiyini təsdiqləyir.

GO spektrində amin və ya indol funksional qrupları olmadığı üçün N–H uzanma vibrasiyaları ümumiyyətlə müşahidə olunmur. Lakin, GO-IAA nanoensamblında 3385.11 sm^{-1} -də ifadəli N–H uzanma piki meydana çıxır. Bu pik, IAA-nın indol halqasına xasdır və IAA-nın GO səthinə uğurla birləşdirildiyini sübut edən güclü dəlildir.

IAA spektrində 1694.16 sm^{-1} və GO spektrində 1715.40 sm^{-1} -də müşahidə olunan güclü piklər hidrogen rabitələri səbəbindən 1697.52 sm^{-1} dalğa ədədlərinə doğru yerini dəyişmişdir. Bu dəyişiklik GO və IAA molekullarında karboksil və karbonil qrupları arasındakı qarşılıqlı təsiri göstərir. Bundan əlavə, IAA-nın mövcudluğu onun əlavə karboksil funksionallığı səbəbindən C=O uzanma vibrasiyalarının ümumi intensivliyini artırır. Bu yerdəyişmə və potensial genişlənmə IAA-nın karboksil qrupunun GO səthinə uğurla bağlandığını göstərir.

Bu mərhələdə müəyyən olundu ki, IAA və GO-dan ibarət yeni nanoensamblın pambıq bitkisinde (*Gossypium hirsutum* L.) böyümə, fizioloji və biokimyəvi reaksiyaları tənzimləmə potensialını nümayiş etdirir. IAA+GO nanoensamblının sintezi, struktur xarakteristikası və tətbiqi uğurla həyata keçirilmişdir ki, bu da FTİQ, XRD, UV-Vis və TEM analizlərinin nəticələri ilə təsdiqlənmişdir. Bu üsullar GO-nun IAA ilə uğurlu funksionallaşdırılmasını təsdiq etmiş və səth qarşılıqlı təsirinin və stabililiyinin artırılmış olduğu sabit nanoensambl əldə edilmişdir.

IAA+GO nanoensamblının pambıq bitkiləri üzərində bioloji təsiri əhəmiyyətli olmuşdur. Yalnız IAA ilə müqayisədə IAA+GO nanoensamblı gövdənin uzanmasını əhəmiyyətli dərəcədə artırmış, hüceyrə gigantizmini induksiya etmiş və xüsusilə yarpaq toxumalarında katalaza, peroksidaza və polifenol oksidaza kimi əsas antioksidant fermentlərin aktivliyini gücləndirmişdir. Bu təsirlər bitkilərin böyüməsini təşviq etməkdə və onların antioksidant müdafiə sistemini gücləndirməkdə IAA+GO kombinasiya sinergetik rolunu vurğulayır. Xüsusilə, IAA+GO nanoensamblının azot oksidi (NO) istehsalını artırması onun bitki stres cavab signal yollarında rolunu daha da dəstəkləyir.

Maraqlıdır ki, yalnız IAA ilkin köklərin uzanmasını stimullaşdırdığı halda, IAA+GO nanoensamblı ilkin kökün uzunluğunu azaltsa da, yan köklərin əmələ gəlməsini artırmışdır. Bu ikili təsir GO-nun spesifik təsir mexanizmi ilə bağlı ola bilər və auxinin daşınmasına və kök sisteminin quruluşuna təsir edə bilər. TEM analizi köklərdə, gövdədə və yarpaqlarda GO-nun hüceyrə strukturlarında mövcudluğunu təsdiq etmiş, bitki toxumalarında boruvari formada nanoensamblın yığılmasını aşkar edərək onların effektiv şəkildə mənimsənilməsini və hüceyrədaxili daşınmasını sübut etmişdir.

	Bundan əlavə, tədqiqat göstərmişdir ki, IAA+GO nanoensamblı yarpaqlarda prolin yığılmasını əhəmiyyətli dərəcədə dəyişdirməmişdir, bu da nanoensamblın test edilmiş şərtlər altında osmotik stres yaratmadığını göstərir. Prolin yığılmasının müşahidə olunmaması, antioksidant ferment aktivliyinin artması ilə üst-üstə düşərək nanoensamblın oksidləşdirici stressə qarşı qoruyucu rol oynadığını sübut edir. Nəticə etibarilə, IAA+GO nanoensamblı bitkilərin böyümə və inkişafını gücləndirmək üçün perspektivli bir yanaşma kimi çıxış edir. Onun gövdə uzanmasına, yan köklərin inkişafına və fermentativ müdafiə sistemlərinin aktivləşdirilməsinə təsiri, kənd təsərrüfatı praktikasında məhsuldarlığın artırılması və stresə davamlılığın gücləndirilməsi üçün potensial tətbiq sahələrini göstərir. Gələcək tədqiqatlar GO-nun bitki toxumalarında uzunmüddətli bioakkumulyasiyasının təsirlərini araşdırmalı, optimal konsentrasiya və tətbiq üsulunu müəyyən etməli, həmçinin qrafen əsaslı nanomaterialların kənd təsərrüfatında istifadəsinin ekoloji təhlükəsizliyi və davamlılığı məsələlərini öyrənməlidir.
2	Layihənin həyata keçirilməsi üzrə planda nəzərdə tutulmuş işlərin yerinə yetirilmə dərəcəsi (cari rüb üçün, faizlə qiymətləndirməli) 100%
3	Hesabat dövründə alınmış elmi nəticələr, onların yenilik dərəcəsi Bu tədqiqatın məqsədi 1 µM konsentrasiyalı IAA və IAA+GO nanoensamblının pambıq bitkilərinin morfoloji və biokimyəvi parametrlərinə təsirini araşdırmaq idi. Biz bu birləşmələrin bitkilərin böyümə göstəricilərinə, antioksidant fermentlərin aktivliyinə və kök, gövdə və yarpaq hüceyrələrindəki struktur dəyişikliklərinə necə təsir etdiyini müəyyənləşdirməyə çalışdıq. Tədqiqatın əsas hipotezi belə idi ki, IAA və yeni sintez edilmiş IAA+GO nanoensamblı ilə işlənmiş pambığın böyümə və müdafiə reaksiyalarını gücləndirə bilər. Bu, antioksidant sistemin aktivliyinin artması və hüceyrə səviyyəsində dəyişikliklər ilə özünü göstərə bilər ki, nəticədə pambığın stressli şəraitə uyğunlaşmasına töhfə verə bilər. Bitkilərin gövdə uzunluğunun müqayisəsi zamanı həm IAA ilə, həm də IAA+GO ilə işlənmiş bitkilərin nəzarət variantı ilə müqayisədə daha uzun gövdəyə malik olduğu müşahidə edilmişdir (Şəkil 1). Bununla belə, IAA ilə işlənmiş bitkilərin kök uzunluğu əhəmiyyətli dərəcədə artdığı halda, IAA+GO ilə işlənmiş bitkilərdə nəzərəcarpacaq kök uzanması müşahidə olunmamışdır. Tədqiqat çərçivəsində fitohormon, nanoensambl törəməsi və fotosintetik aparatın komponentləri ilə işlənmiş bitkilərdə fidanların sayı və faizi, bitkilərin böyümə dinamikası (kök və gövdə uzunluğu) və ferment aktivliyi təhlil edilmişdir. Bu analizlər bitkilərin dörd həqiqi yarpaq mərhələsində aparılmışdır. Əldə edilmiş nəticələr pambıq bitkisinin həm IAA-nın, həm də onun GO ilə nanoensamblının təsiri altında cücərmə qabiliyyətinin əhəmiyyətli dərəcədə artdığını göstərmişdir. Bu nəticə hər iki birləşmənin pambıq toxumlarının cücərmə prosesinə stimullaşdırıcı təsirini vurğulayır. Bundan əlavə, bu birləşmələrin ilkin kök üzərində təsiri aşağıdakı nəticələri ortaya qoymuşdur. Nəzarət bitkiləri ilə müqayisədə IAA ilkin kökün inkişafına müsbət təsir göstərsə də, nanoensambl ilə işlənmiş bitkilərdə ilkin kök uzunluğunun əhəmiyyətli dərəcədə qısaldığı müşahidə edilmişdir. Nəticələrə əsasən, bitki köklərində görünən defektlər müşahidə olunmasa da, bu tapıntı GO-nun kök inkişafına, xüsusilə də ilkin kök uzunluğunun azalmasına təsiri ilə əlaqəli ola bilər. Maraqlıdır ki, gövdə uzunluğunun müqayisəsi fərqli nəticə ortaya qoymuşdur. Məlum olmuşdur ki, IAA gövdə uzunluğunu 75% artırmışdır, lakin GO ilə birlikdə istifadə edildikdə bu göstərici iki dəfə yüksək olmuşdur. Bu nəticə həm fitohormonun, həm də onun nanoensamblının gövdə inkişafına

güclü induktiv təsir göstərdiyini göstərir. Beləliklə, IAA+GO nanoensamblı gövdənin uzanmasında əlavə sinergetik induktiv aktivlik təmin etmişdir.

Məhlul	Ting sayı	Cücərmə faizi	Kök uzunluğu	Gövdə uzunluğu
Kontrol	48	68,57	$11 \pm 0,26$	$11,8 \pm 0,42$
1 μ M IAA	61	87,14	$17,3 \pm 2,73$	$20,6 \pm 1,37$
1 μ M IAA+GO	59	84,29	$7,7 \pm 0,44$	$23,6 \pm 0,35$

Əldə edilmiş nəticələr göstərir ki, həm IAA-nın təsiri altında, həm də onun GO ilə nanoensamblı istifadə edildikdə pambıq bitkisinin cücərmə qabiliyyəti əhəmiyyətli dərəcədə artmışdır (Cədvəl 1). Bu nəticə hər iki birləşmənin pambıq toxumlarının cücərmə prosesinə stimullaşdırıcı təsirini vurğulayır.

Bundan əlavə, bu birləşmələrin ilkin kök üzərində təsiri aşağıdakı nəticələri ortaya qoymuşdur. Nəzarət bitkiləri ilə müqayisədə IAA ilkin kök üzərində stimullaşdırıcı təsir göstərsə də, nanoensambl ilə işlənmiş bitkilərdə ilkin kök uzunluğunun əhəmiyyətli dərəcədə azaldığı müşahidə olunmuşdur. Nəticələrə əsasən, bitki köklərində görünən defektlər müşahidə olunmasa da, bu tapıntı GO-nun kök inkişafına, xüsusilə də ilkin kök uzunluğunun azalmasına təsiri ilə əlaqəli ola bilər.

Maraqlıdır ki, gövdə uzunluğunun müqayisəsi fərqli nəticə ortaya qoymuşdur. Məlum olmuşdur ki, IAA gövdə uzunluğunu 75% artırmışdır, lakin GO ilə birlikdə istifadə edildikdə bu göstərici iki dəfə daha yüksək olmuşdur. Bu nəticə həm fitohormonun, həm də onun nanoensamblının gövdə inkişafına güclü induktiv təsir göstərdiyini göstərir. Beləliklə, IAA+GO nanoensamblı gövdənin uzanmasında əlavə sinergetik induktiv aktivlik təmin etmişdir.

4 Layihənin yerinə yetirilməsi zamanı istifadə olunan üsul və yanaşmalar
(burada doldurmalı)

5 Layihə üzrə elmi nəşrlər (məqalələr, monoqrafiyalar, icmalar, konfrans materialları, tezislər) (dərç olunmuş, çapa qəbul olunmuş və çapa göndərilmişləri ayrılıqda qeyd etməklə) (surətlərini əlavə etməli!)

1. The 28th International Biomedical Science & Technology Symposium (www.biomed2024.org), səh. 77
"Synthesis and Biological Activity of Functionalized Graphene Oxide Nanolayers With Schiff Bases Via Non-Covalent Interactions"
Müəlliflər: Gunel Aliyeva, Boğac Kılıçarslan, Merve Gültekinoglu Bayram, Cem Bayram, Ulviyya Hasanova, Zarema Gahramanova
<http://www.biomed2024.org/BIOMED%202024%20%20ABSTRACTS%20%20BOOK.pdf>

6 İxtira və patentlər, səmərələşdirici təkliflər

-

7 Layihə üzrə əzamiyyətlər

-

8 Layihə üzrə elmi ekspedisiyalarda iştirak

-

9	Layihə üzrə digər tədbirlərdə iştirak
	-
10	Layihə mövzusu üzrə elmi məruzələr (seminarlar, konfranslar, dəyirmi masalar və s. çıxışlar)
	-
11	Layihə üzrə əldə olunmuş cihaz, avadanlıq və qurğular, mal və materiallar
	-
12	Yerli həmkarlarla əlaqələr <i>prof.Eldar Qasimov - Azərbaycan Tibb Universiteti</i>
13	Xarici həmkarlarla əlaqələr <i>Prof. Cem Bayram – Hacettepe Universiteti, Ankara, Türkiyə</i>
14	Layihə mövzusu üzrə kadr hazırlığı <i>(burada doldurmalı)</i>
15	Sərgilərdə iştirak <i>(burada doldurmalı)</i>
16	Təcrübəartırmada iştirak və təcrübə mübadiləsi <i>(burada doldurmalı)</i>
17	Layihə mövzusu ilə bağlı elmi-kütləvi nəşrlər, kütləvi informasiya vasitələrində çıxışlar, yeni yaradılmış internet səhifələri və s. <i>(burada doldurmalı)</i>

Layihə rəhbərinin imzası _____



Həsənova Ülvyyə Əliməmməd qızı

Tarix _____ 31 Yanvar 2025 _____

QEYD: bütün hallarda uyğun olan bəndlər doldurulmalıdır.