



AZƏRBAYCAN ELM FONDU

Azərbaycan Elm Fondunun
“Gənc Alim və Tədqiqatçıların 8-ci
qrant müsabiqəsi”nin (AEF-GAT-8-2024-1(49))
qalibi olmuş layihənin yerinə yetirilməsi üzrə

1 İLLİK ELMİ-TEXNİKİ HESABAT

Layihənin adı: **Ətraf mühitin əlverişsiz şəraitinə qarşı bitkilərdə nanomodifikasiya olunmuş fitohormonların tətbiqi ilə müdafiə sisteminin stimullaşdırılması**

Layihə rəhbərinin soyadı, adı və atasının adı: **Əmrahov Nurlan Rəşid oğlu**

Layihənin nömrəsi: **AEF-GAT-8-2024-1(49)-03/02/3-M-02**

Müqavilənin imzalanma tarixi: **09 oktyabr 2024-cü il**

Qrant layihəsinin yerinə yetirilmə müddəti: **12 ay**

Layihənin icra müddəti (başlama və bitmə tarixi): **01 noyabr 2024-cü il – 31 oktyabr 2025-ci il**

Layihənin 1 il üzrə (rüb) məbləği:

Hesabatda aşağıdakı məsələlər işıqlandırılmalıdır:

1	<p>Layihənin həyata keçirilməsi üzrə 1 il ərzində yerinə yetirilmiş elmi işlər</p> <p>Layihənin əsasında duran əsas məqsəd qrafen oksid (QO) sintezi, QO əsasında fitohormon nanoansambllarının (QO+İST, QO+kinetin) hazırlanması, onların fiziki-kimyəvi xarakteristikalarının və strukturlarının təyini və nanoansamblların bitkilərə adi halda və stressorların təsiri altında təsirinə təyini olmuşdur.</p> <p>Bu məqsədlərin icrası bir necə ardıcıl mərhələ icra edilmişdir:</p> <ol style="list-style-type: none">1. QO nanolaylarının sintezi;2. QO + indol-3-sirkə turşusu (İST) nanoansamblının sintezi;3. QO + kinetin nanoansamblının sintezi;4. Sintez olunmuş nanoansambllardan birinin fiziki-kimyəvi xüsusiyyətlərinin və quruluşunun fərqli metodlarla təyini.5. Nanoansamblların adi halda bitkilərə morfometrik və biokimyəvi parametrlərinə təsirinə öyrənilməsi.6. Abiotik ((a) duzluluq və (b) quraqlıq) və biotik ((c) Verticillioz solma xəstəliyinin törədici fitopatogen-Verticillium dahliae) stressorların təsiri altında nanoansamblların bitkilərin müdafiə parametrlərinə təsirinə müəyyən edilməsi və optimal-müdafiəni induksiyaedən qatılıqların müəyyən edilməsi. <p>1) QO nanolaylarının sintezi</p> <p>Xammal qismində qrafitdən istifadə etmək və modifikasiya edilmiş Hummers üsulunu optimallaşdırmaqla qrafen oksid sintez edildi.</p>
----------	--

Alınan QO-nun yüksək səth sahəsi (~2620 m²/g), 2D monolay quruluşu və π - π qarşılıqlı təsirləri sayəsində üzvi molekulların; indolil-3-sirkə turşusunun (İST) və kinetinin (kin) modifikasiyasız adsorbsiyası və yüklənməsinin mümkün olmasını göstərdi.

2) QO+İST nanoansamblının sintezi.

Prosedur: 0,005 g QO → 20 ml etanolda 15 dəq ultrasəs → 0,05 g İST 2 ml etanolda həll edilərək QO dispersiyasına tədricən əlavə olundu → 24 saat qarışdırıldı → çöküntü süzüldü, etanolla yuyuldu və otaq temperaturunda quruduldu. Alınmış nanoansambl struktur-stabillik analizləri üçün istifadə edildi.

3) QO+kinetin nanoansamblı

Prosedur: 0,05 g QO → 10 ml buzlu sirkə turşusunda 15 dəq sonikasiya; kinetin (6-furfurilaminopurin) 0,2 g → 20 ml buzlu sirkə turşusunda həll edilərək QO dispersiyasına əlavə olundu → 24 saat qarışdırıldı → süzüldü, sirkə turşusu və distillə su ilə yuyuldu, otaq temperaturunda quruduldu.

4. Sintez olunmuş nanoansamblardan birinin fiziki-kimyəvi xüsusiyyətlərinin və quruluşunun fərqli metodlarla təyini.

Bu məqsədlə 3 fərqli analiz metodu tətbiq edildi: TEM (transmission elektron mikroskopiyası), FTİR (Furje-infraqırmızı spektroskopiyası) və XRD (X-şüa difraksiyası).

a) Nanoansambların TEM nəticələri:

QO nazik, laylı, qırışmış/qatlanmış morfolojiyaya malik olmuş, 500 nm–1 μ m ölçülü lövhəcik strukturuna malik olmuş və yüksək şəffaflığa sahib idi.

QO-İST nanoansamblında səthdə kontrastın artması və layların qismən qalınlaşması müşahidə edilmiş, bu da İST bağlanması göstərmişdir. Eyni zamanda QO+İST nanoansamblı daha möhkəm və nisbətən kobud teksturada olması müşahidə olunmuşdur.

Qrafen oksid və QO+kinetin nanoansamblının TEM analizi.

Qrafen oksid nanohissəcikləri TEM analizində nazik, şəffaf və laylı strukturlar kimi müşahidə olunmuşdur. QO əsasən qrafen təbəqələrinin oksidləşmiş forması olduğundan, təbəqələrdə həm amorf, həm də yarımkristal sahələr görünür. Elektron mikroskopiyada QO-nun səthində bükülmə və qırışlar müşahidə edilmişdir. Tək təbəqəli strukturların daha açıq, çox laylıların isə tünd kontrast verməsi təbəqə qalınlığının fərqi göstərir. QO+kinetin nümunəsində layların yaxın yerləşməsi və qismən qalınlaşması kinetin səthə bağlanması ilə izah olunur. Bu isə tünd ləkəli bölgələr kimi görünür və funksional molekulların səthə uğurla birləşdiyini təsdiqləyir.

b) FTİR nəticələri:

İST+QO spektr təhlili: QO XAS –OH (geniş 3200–3600 sm⁻¹), C=O (~1700–1740 sm⁻¹), aromatik C=C (~1600 sm⁻¹), epoksi/alkoksi (1220–1050 sm⁻¹) təyin edilmişdir.

İST xas N–H (~3380 sm⁻¹), –OH (2650–3200 sm⁻¹), C=O (~1694 sm⁻¹) rabitələr müşahidə edilmişdir. Müqayisədə QO-İSTda O–H/N–H zolaqlarında genişlənmiş/yerdəyişmiş hidrogen rabitələri, C=O intensivliyinin dəyişməsi isə İST-QO qarşılıqlı təsirini (qismən reduksiya/passivləşmə ehtimalı ilə) göstərir. UV-Vis analizinə əsasən, filtrasiyadan sonra məhlulda qalan İST ~10% təşkil etmişdir (bu da 90% yüklənməni sübut edir).

Kinetin+QO spektr təhlili: FTIR spektrlərində QO-nun 3200–3600 sm⁻¹ aralığında geniş OH qrupu zolağı, kinetində isə 3300–3400 sm⁻¹ sahəsində NH vibrasiyaları müşahidə olunur. QO+kinetin spektrində bu zolaqların yerdəyişməsi güclü hidrogen rabitələrinin əmələ gəlməsini göstərir. QO üçün xarakterik C=O siqnalı (~1700–1740 sm⁻¹) kinetin adsorbsiyası nəticəsində zəifləyir və bir qədər sağa sürüşür, bu isə molekullar arasında elektron sıxlığının paylaşılması və ya qismən reduksiya prosesi ilə əlaqələndirilir. 1220–1050 sm⁻¹ aralığında həm QO-nun epoksid, həm də kinetin heterohalqalı C–O/C–N vibrasiyaları müşahidə olunur. Pik intensivliyindəki dəyişikliklər kinetin QO səthinə hidrogen rabitəsi və π - π qarşılıqlı təsirlər vasitəsilə bağlanması sübut edir.

c) XRD nəticələri:

Təmiz QO-də: $2\theta \approx 10,76^\circ$ (001) $\rightarrow d \approx 0,8$ nm; zəif 26° (002) qrafitik qalıqlar müşahidə edilmiş; $42,09^\circ$ (100) sp^2 daxili quruluş ($d \approx 0,2$ nm) müəyyən edilmişdir.

Təmiz İST: $10,11^\circ$; $15,18^\circ$; $20,47^\circ$; $26,89^\circ$; $36,01^\circ$ (Debye-Scherrer ilə müvafiq kristallit ölçüləri 0,87–0,24 nm).

QO-İST: xarakterik piklərdə cüzi yerdəyişmələr müşahidə edilmiş ($10,21^\circ$; $15,38^\circ$; $20,71^\circ$; $27,00^\circ$; $37,40^\circ$) \rightarrow bu isə struktur qarşılıqlı təsir/interkalasiya göstəricisidir. (100) pikinin itməsi, π - π yığılması və qrafitik domenlərin pozulmasına əsaslanır. Bu nəticələr QO-nun stabilliyi və formalaşan kompozitin struktur inteqrasiyasını təsdiqləyir.

Yekun nəticə onu göstərdi ki, modifikasiya edilmiş Hummers üsulu ilə sintez edilmiş QO etibarlı şəkildə sintez edildi və sabit laylı morfoloji xüsusiyyətlərə malik olduğunu göstərdi. QO-İST və QO-kinetin nanoansamblları sadə fiziki qarışdırma/ultrasonifikasiya metodu ilə uğurla hazırlandı.

TEM, FTİR və XRD nəticələri fitohormonların QO səthinə bağlanması, hidrogen rabitələri və π - π qarşılıqlı təsirləri vasitəsilə kompozit formalaşmasını sübut etdi.

Toplanan sübutlar sintez edilmiş nanoansamblların struktur stabilliyi və potensial daşıyıcı funksionallığını göstərdi ki; bu, sonrakı bioloji sınaqlar üçün etibarlı dəlillər idi.

5. Sintezi olunmuş nanoansambllardan birinin fiziki-kimyəvi xüsusiyyətlərinin və quruluşunun fərqli metodlarla təyini.

Sintezi olunmuş fitohormon+QO nanoansambllarının adı pambıqda (AP-317) tətbiqi, induktiv (sabit) qatılıqların müqayisəsi və bitkinin müdafiə sistemə təsirin qiymətləndirilməsi tərəfimizdən aparılmışdır. Göstəricilər qismində morfometrik və biokimyəvi parametrlərin ölçülməsi icra edilmişdir. Katalaza, peroksidaza, polifenoloksidaza fermentlərinin aktivliyi, NO və prolinin miqdarı və hüceyrədaxili nanoansamblların lokalizasiyası (TEM vasitəsi ilə) analizləri icra edilmişdir.

Adi şəraitdə bitki nümunələri aşağıdakı ardıcılıqla bölünmüşdür: kontrol, İST (1 μ M), İST+QO (1 μ M). Hər variant üçün 70 toxumdan istifadə edilmişdir. Analizlər bitkinin 4 əsl yarpaq mərhələsində icra edilmişdir (≈ 3 həftəlik).

Alınan əsas nəticələr:

Cücərmə: İST və İST+QO cücərmə faizini əhəmiyyətli dərəcədə artırdı. Bu, həm fitohormonun, həm də nanoansambl formasının progerminativ təsirini göstərdi.

Morfometrik göstəricilər (gövdə/kök)

Gövdə uzunluğuna təsir; İST-də +75%, İST+QO isə təxminən 2 dəfə artım verdi (kontrolla müqayisədə) Bu nəticə QO ilə İST sinergetik induktiv təsirini təsdiqlədi.

Əsas kökilə bağlı nəticələrə əsasən İST uzanmanı artırdı, lakin İST+QO-də əhəmiyyətli uzanma qeydə alınmadı (uzunluqda zəifləmə müşahidə edildi). Vizual zədələnmə və destrukurizasiya müşahidə olunmasa da, nəticələr QO-in əsas kök uzanmasını ləngitdiyini, lakin adventiv kök (yan və əalvə köklərin) əmələgəlməsini gücləndirdiyini göstərdi.

Antioksidant fermentlərin aktivliklərinin nəticələri:

Katalaza fermentinin aktivliyində kökdə həm İST, həmçinin də İST+QO-in təsiri zamanı 42–43% azalma müşahidə edildi.

Lakin yarpaq toxumasında İST +54%, İST+QO +45% katalaza aktivliyi kontrola nisbətən artırdı, bu da QO komponentinin yarpaqda olan katalaza aktivliyinə cüzi inhibə edici təsir göstərə biləcəyini sübut etdi.

Peroksidaza fermentinin aktivliyi kökün bütün variantlarında stabil qaldı, yalnız İST+QO-da cüzi azalma müşahidə edildi ki, bu dəyişmə statistik əhəmiyyət daşıyır.

Müqayisədə yarpaqda İST +8%, İST+QO isə +11% peroksidaza aktivliyində artım müşahidə edildi. Bu nəticə də, nə İST, nə də İST+QO-nun bu qatılıqlarının peroksidazaya təsir etməməsinə dəlalət edir.

Polifenoloksidaza fermentinin aktivliyi göstərdi ki, kök toxumasında kontrolla müqayisədə İST və İST+QO aktivliyi cüzi azaldır, lakin bu dəyişiklik kəskin deyil.

Yarpaq toxumasında isə İST -52% (neqativ), İST+QO isə +46% (pozitiv) təsir göstərdi ki, bu da QO-nun yarpaqda fenolların oksidləşməsində induktiv təsirinin olmasını sübut etdi.

NO (azot oksidi) miqdar analizi göstərdi ki, köklərdə NO yarpaqdan aşağı olmuş, eyni zamanda İST NO miqdarını azaltdığı halda, İST+QO onu artırır.

Yarpaq toxumasında isə həm İST, həm də İST+QO NO səviyyəsini yüksəldir, eyni zamanda nanoansambl İST-na nisbətən +9% yüksək nəticə verir. Bu, QO-nun NO biosintez yollarına yollarına modulyator təsirini göstərir.

Prolin analizi.

İST yarpaq toxumasında prolin sintezini/akkumulyasiyasını kontrolla nisbətən cüzi miqdarda artırdı (statistik olaraq zəif). İST+QO tətbiqində prolinin miqdarı azalır ki, bu, ya prolin biosintezinin bloklanmasına, ya da mövcud prolin molekulları ilə QO-nun birbaşa qarşılıqlı təsirinə işarədir.

Yekun olaraq İST zəif də olsa prolin metabolizmini aktivləşdirir; QO isə prolin səviyyəsini nəzərəcərpacaq dərəcədə aşağı salır, və bu da əlavə osmotik təzyiç əlamətinin olmamasına işarədir.

Nanoansambların hüceyrədaxili lokalizasiyası və orqanoidlərlə qarşılıqlı təsirinin tədqiqi nəticələri (TEM vasitəsi ilə).

a) Kök toxuması

Kontrol variantda. Kök toxumalarında epidermis, sklerenxima, korteks, aydın endodermis müşahidə edildi, stella- ksilema/floema boruları normal struktura malik olması müəyyən edildi, hüceyrə divarlarını bütöv və zədəsiz olması aşkar edildi.

İST (1 μ M) qatılığında epidermis/korteksdə morfoloji dəyişikliklərə səbəb oldu, hüceyrə simmetriyasının pozulması ilə yanaşı, ksilema sahəsinin böyüməsi, korteksdə hüceyrə gigantizmi müəyyən edildi. Lakin hüceyrə divarlarının bütöv olması və orqanoidlərin desyrukturizasiyaya məruz qalmamasından dolayı, patoloji pozuntunun olmaması qənaətinə gəldi.

İST+QO olan nümunələrdə epidermis, ekzodermis, korteks və endodermisdə simmetriyanın dəyişməsi müşahidə edildi, hüceyrə ölçüsü artmaqla yanaşı, hüceyrə divarlarının uzanması müəyyən olundu, lakin divarda nazikləşmə/məsamələşmə qeydə alınmadı. Təxminən ~200 nm ölçülü, təbəqəli quruluşa malik nanoansamblar vizualizasiya olundu.

b) Gövdənin toxumaları.

Kontrol variantda epidermis → korteks → floema → ksilema keçidləri aydın izlənilirdi, patoloji əlamətlər müəyyən olunmadı. İST təsirindən ötürücü boruların hüceyrələrinin artması, ksilema liflərinin böyüməsi, əsas parenximanın ölçüsünün böyüməsi müşahidə edilsə də, hüceyrə divarlarında zədələnmə müşahidə edilmədi.

İST+QO gövdədə də hüceyrələrin ümumi böyüməsini və stella dəstələrinin bir-birindən uzaqlaşmasını (ksilema liflərinin artması hesabına) göstərdi. Eyni zamanda floema hüceyrələri nisbətən iri görünürdü.

c) Yarpaq toxumaları.

Kontrol variantda süngər və sütun toxumaları struktur baxımından stabil qaldı, xloroplastlar görünür, hüceyrə divarları və plastidlərin tilakoid membranında patoloji uyğunsuzluq mövcud deyildi. İST və İST+QO təsiri altında mezofil hüceyrələrinin böyümüş (gigantizm), xloroplastlar plazma membranı boyunca periferik lokalizasiya olunmuş, plastidlərin forması uzunsov olmuşdur. Lakin yenə də membran bütövlüyü qorunub saxlanmışdır. Maraqlı məqamlardan biri də o idi ki, həm gövdə həmçinin yarpaq toxumalarında nanoansamblar layşəkili strukturadan boruşəkili struktura keçmişlər. Bu hadisə Van-der-Vaals qarşılıqlı təsirinin olması ilə, layların bükülərək strukturunun dəyişməsi ilə izah edilir.

6) **Abiotik ((a) duzluluq və (b) quraqlıq) və biotik ((c) Vertisillioz solma xəstəliyinin törədici fitopatogen-Verticillium dahliae) stressorların təsiri altında nanoansamblın bitkilərin müdafiə parametrlərinə təsirinin müəyyən edilməsi və optimal-müdafiə induksiyaedən qatılıqların müəyyən edilmə.**

a) Abiotik stress fonunda (NaCl) bitki immun-fizioloji cavablarına kinetin və kinetin+QO təsiri.

Abiotik stress qismində 100mM NaCl , pambıq genotipi qismində *G.hirsutum* L. Ağdaş-3-dən istifadə edilmişdir.

Tədqiqat variantları qismində 1. Kontrol; 2) 10 µM kinetin; 3) 10 µM kinetin + QO; 4) 100 mM NaCl; 5) 10 µM kinetin + 100 mM NaCl; 6) 10 µM kinetin + QO + 100 mM NaCl, istifadə edilmişdir.

Nəticələr:

Cücərmə və morfometrik parametrlərə təsir:

Cücərmə: Kinetin+QO kontrola nisbətən +4% cüzi artım, NaCl şəraitində kinetin+QO +8% artım müşahidə edilmişdir. Lakin kinetlə olan variantda cücərmə cüzi zəifləmişdir.

Gövdə uzunluğu: Duzsuz mühidə kinetin: 1,14 dəfə, kinetin+QO: 1,06 dəfə (kontrola nisbətən) gövdənin uzunluğunu artırmışdır. NaCl təsiri altında hər iki mühidə gövdə uzunluğu azalmış, (kinetin: 0,90x; kinetin+QO: 0,88x, yəni müvafiq olaraq 1,10 və 1,14 dəfə azalma müşahidə edilmişdir).

Kök uzunluğu: Kinetin demək olar təsir etməmiş, kinetin+QO kökü 1,15 dəfə uzatmışdır. NaCl altında həm kinetin (1,24 dəfə), həm də kinetin+QO (1,17 dəfə) duz stresinə nisbətən kökü stimullaşdırdı.

Antioksidant fermentlərin aktivlikləri (yarpaq toxumasında).

Katalaza aktivliyi (CAT): Təbii şəraitdə kinetin: +18%, kinetin+QO: +16% (kontrola nisbətən) aktivliyi artırmışdır. 100 mM NaCl təbəşinə CAT-ı aktivliyini azaltsa da, NaCl+kinetin şəraitində CAT aktivliyi kontroldan +58%, duz stresinə nisbətən isə +79% yüksəlir. Eyni zamanda Kinetin+QO+NaCl variantı maksimum CAT aktivliyi göstərmişdir (+65% kontrola nisbətən).

Peroksidaza (POX): Kinetin təbii şəraitdə POX aktivliyini +26% artırmışdır. Yalnız NaCl POX aktivliyini ~3 dəfə artırdı. NaCl+kinetin 2 dəfə artım vermişdir (kontrola nisbətən). NaCl+kinetin-QO fermentin aktivliyinin artımı cüzidir. Yekun olaraq həm normal, həm duzlu mühidə kinetin** POX-un aktivliyini kinetin-QO-dan daha güclü artırır.

Polifenol oksidaza aktivliyi (PPO): NaCl şəraitində +4%, NaCl+kinetin isə artım +6% olmuşdur (kontrola nisbətən). Bu isə nə individual fitohormonun, nə də nanoansamblın fermentik aktivliyinə təsir göstərmədiyini sübut edir.

Fotosintetik piqmentlər.

Kinetin (10 µM): xlorofil a və b-ni miqdarını artırdı. (kontrola nisbətən).

Kinetin+QO xlorofil b-nin və karotinoidlərin miqdarını kəskin artırsa da, buna paralel xlorofil a-nın miqdarını azaltdı.

NaCl (100 mM) həm xlorofil a/b, həm də karotinoidlərin miqdarını azaltdı (kontrola nisbətən). NaCl+kinetin tək duza stresi ilə müqayisədə piqment kontentini qismən bərpa edir. Kin+QO+NaCl xlorofil a ən yüksək göstəricilərini nümayiş etdirdi və QO-nun fotopiqtentə təsirini göstərdi. Müqayisədə xlorofil b, kinetin+QO (duzsuz) şəraitdə digər variantlara nisbətən ən yüksək nəticə göstərdi.

b) Abiotik stress— quraqlıq şəraitində nanoansamblın təsirinin yoxlanılması

Quraqlıq stressinə (abiotik stress) nəzarət məqsədilə indolil-3-sirkə turşusunun (İST) qrafen oksidi ilə kombinasiyası tətbiq edilmişdir. Təcrübələr poli(etilenqlikol) (PEG) və İST təsiri altında, həmçinin İST-nun qrafen oksidi ilə nano-kompoziti (İST + QO) ilə becərilmiş adi pambıq- *Gossypium hirsutum* L. Ağdaş-3 sortunun üç həftəlik bitkilərinin yarpaqları üzərində aparılmışdır. Birinci əkində altı variant qoyulmuşdur: kontrol, 5% PEG, 10 µM İST, 50 µM İST, 5% PEG + 10 µM İST və 5% PEG + 50 µM İST. İkinci əkində isə aşağıdakı kombinasiyalar istifadə olunmuşdur: Kontrol, 15% PEG, 1 µM İST, 1 µM

İST + 15% PEG, 1 µM İST + QO və 1 µM İST + QO + 15% PEG.

Bitkilərə bu birləşmələrin təsirini qiymətləndirmək üçün biokimyəvi göstəricilər (katalaza, peroksidaza və polifenol oksidaza aktivliyi, xlorofil a, b və karotinoidlərin miqdarı, azot oksidi – NO səviyyəsi) və morfofizioloji parametrlər müəyyən edilmişdir.

Nəticələr göstərdi ki, 5% PEG variantı kontrol variantla müqayisədə bir sıra biokimyəvi göstəriciləri stimullaşdırır, 15% PEG isə bitkilərin inkişafına mənfi təsir göstərir. İST -nün yüksək qatılığı (50 µM) böyüməni ləngidir; aşağı qatılıqlar (1 və 10 µM) və 1 µM İST + QO kombinasiyası isə Ağdaş-3 pambıq bitkilərinin inkişafını stimullaşdırır və eyni zamanda yarpaq toxumalarında antioksidant müdafiə sistemini və azot oksidinin sintezini gücləndirir.

Toxumların cücərmə göstəriciləri.

Birinci təcrübə seriyasında ümumilikdə 420 toxum (hər variant üçün 70 toxum) səpilib. Cücərmə faizləri: nəzarət – 82,8%; 5% PEG – 72,8%; 10 µM İST – 81,4%; 50 µM İST – 68,5%; 5% PEG + 10 µM İST – 77,1%; 5% PEG + 50 µM İST – 67,1%.

Ən yüksək cücərmə kontrol bitkilərində, ən aşağı isə 5% PEG + 50 µM İST variantında müşahidə olunmuşdur. 5% PEG nəzarətlə müqayisədə cücərməni təxminən 10% azaldır. 10 µM İST tətbiqində cücərmə nəzarətə yaxın qalır, 50 µM İST isə göstəricini kəskin şəkildə aşağı salır.

İkinci seriyada (420 toxum) nəticələr belədir: nəzarət – 78,5%; 15% PEG – 40%; 1 µM İST – 72,8%; 1 µM İST + QO – 77,1%; 15% PEG + 1 µM İST – 54,2%; 15% PEG + 1 µM İST + QO – 60%.

Maksimal cücərmə kontrol variantında, minimal göstərici isə 15% PEG variantında qeydə alınmışdır. 1 µM İST + QO kombinasiyası nəzarətə çox yaxın nəticə vermiş, PEG ilə birlikdə olan kombinasiyalar isə cücərməni əhəmiyyətli dərəcədə azaltmışdır. Bu nəticələr nanoansamblın (İST +QO) quraqlıq (PEG) təsirinə məruz qalan bitkilərlə müqayisədə toxum cücərməsini induksiya etdiyini ehtimal etməyə imkan verir ki, bu da stressin cücərməni zəiflədən təsirinin azaldılması baxımından mühüm göstəricidir.

Bitkilərin morfometrik göstəriciləri.

Birinci seriyada ən uzun gövdə 10 µM İST variantında-22,8± 0.7 sm, ən qısa isə 50 µM İST + 5% PEG-9.25±0.37 sm kombinasiyasında müşahidə edilmişdir. Kök sisteminin inkişafı kontrol variantda daha yaxşı olmuş, minimal göstəricilər 5% PEG + 50 µM İST variantında qeydə alınmışdır.

İkinci seriyada maksimal gövdə uzunluğu kontrol variantında, minimal göstərici isə 15% PEG variantında müəyyən edilmişdir. Kök uzunluğu ən çox 1 µM İST + QO kombinasiyasında olmuşdur ki, bu da QO-nun İST ilə kompleksdə müsbət təsirini göstərir.

Ümumilikdə, 10 µM İST qatılığı böyümə proseslərini stimullaşdırır, 1 və 50 µM İST isə inkişafı ləngidir. PEG təsiri böyümə parametrlərini azaldır; xüsusilə PEG-in İST ilə birgə tətbiqində bu azalma stress cavabının güclənməsi və fizioloji reaksiyaların qismən bloklanması ilə izah oluna bilər.

Antioksidant fermentlərin aktivliyinin təyini

Katalaza aktivliyi. 5% PEG ilə işlənmiş bitkilərdə katalaza aktivliyi nəzarətdən 55,68% yüksək olmuşdur. 10 µM İST üçün artım 65,29%, 50 µM İST üçün isə 122,78% təşkil etmişdir. 5% PEG + 10 µM İST və 5% PEG + 50 µM İST kombinasiyalarında artım müvafiq olaraq 50,83% və 59,26% olmuşdur.

5% PEG ilə müqayisədə 5% PEG + 10 µM İST variantında aktivlik 3,11% aşağı, 5% PEG + 50 µM İST -da isə 2,31% yuxarı olmuşdur; 50 µM İST variantı 5% PEG-ə nisbətən 43,10% daha yüksək nəticə göstərmişdir.

İkinci seriyada 1 µM İST ilə aktivlik cüzi miqdarda azalır, 15% PEG + 1 µM İST isə kəskin artıma səbəb olur. 15% PEG variantında katalaza aktivliyi kəskin artır, QO olan variantlarda isə kontroldan (o cümlədən PEG fonunda) 7–9% yüksək olur. Həm İST +QO-nun fərdi təsiri, həm də 1 µM İST +QO+15% PEG kombinasiyası katalaza aktivliyinin QO komponenti tərəfindən tənzimləndiyini və zəif də olsa artırıldığını göstərir.

Peroksidaza aktivliyi. Peroksidaza aktivliyi ən yüksək 50 μM İST -da, ən aşağı isə 10 μM İST -da qeydə alınmışdır. 5% PEG təsirində aktivlik kontroldan bir qədər aşağı, 50 μM İST + 5% PEG kombinasiyasında isə demək olar ki, nəzarət səviyyəsində olmuşdur.

İkinci seriyada maksimal aktivlik 1 μM İST + 15% PEG variantında, minimal isə 15% PEG-də müşahidə olunmuşdur. QO ilə kombinasiyalar bir qədər yüksək göstəricilər vermişdir.

Beləliklə, peroksidaza aktivliyini əsasən İST -nin yüksək qatılığı (burada 50 μM) stimullaşdırır; PEG, xüsusən yüksək qatılıqda, inhibitor təsir göstərir. PEG və İST birlikdə tətbiq olunduqda peroksidaza aktivliyi ayrı-ayrılıqda olan variantlarla müqayisədə yüksələ bilər, İST + QO isə həm stress şəraitində, həm də stressiz fonunda aktivliyin stabilləşməsinə (və müəyyən yüksəlməsinə) kömək edir. Bu hadisə qrafen oksidinin peroksidazanın substratı olan hidrogen peroksidin (H_2O_2) lokal səviyyələrinə mümkün təsiri ilə əlaqələndirilə bilər.

Polifenol oksidaza. Polifenol oksidazanın ən yüksək aktivliyi 50 μM İST, ən aşağısı isə 10 μM İST variantında qeydə alınmışdır. 5% PEG aktivliyi bir qədər artırsa da, 50 μM İST + 5% PEG kombinasiyası nəzarətlə müqayisədə azalma göstərmişdir.

İkinci seriyada maksimum aktivlik 1 μM İST, minimum isə 15% PEG + 1 μM İST variantında müşahidə olunmuşdur. QO ilə kombinasiyalar PEG-siz QO-suz variantlara nisbətən daha yüksək nəticə vermişdir.

Beləliklə, İST -nin yüksək qatılığı polifenol oksidazanı stimullaşdırır, aşağı qatılıqlar isə zəif təsir göstərir. PEG qatılığının artması fermentin aktivliyini azaldır. İST və PEG-in birgə tətbiqi onların təsirlərinin qismən qarşılıqlı inhibisiyasına səbəb olur, QO-nun daxil edilməsi isə ferment aktivliyinin bərpaşına və polifenolların oksidləşməsinin güclənməsinə (müdafiəvi xionların, ardınca melanin və ya liqنین əmələ gəlməsinə) töhfə verir.

Fotosintetik piqmentlər və NO miqdarı analiz nəticələri.

Xlorofil a, b və karotinoidlər. Birinci seriyada xlorofil a və karotinoidlərin maksimumu 50 μM İST + 5% PEG, xlorofil b-nin maksimumu isə 10 μM İST + 5% PEG variantında qeydə alınmışdır; minimal dəyərlər 50 μM İST -da müşahidə olunmuşdur.

İkinci seriyada ən yüksək göstəricilər 1 μM İST + QO + 15% PEG variantında qeydə alınmışdır. Xlorofil a və karotinoidlər üçün ən aşağı dəyərlər 1 μM İST -da, xlorofil b üçün isə 15% PEG-də olmuşdur. 5% PEG piqment miqdarını cüzi, 15% PEG isə daha çox azaldır. Bununla belə, PEG və İST kombinasiyaları (xüsusilə QO ilə) xlorofillərin və karotinoidlərin saxlanması və artmasına şərait yaradır. Ümumən, İST -nin qatılığının artırılması piqmentlərin azalmasına meyillidir, İST+QO isə fotosistemlərin piqment tərkibinin qorunmasına və stabilləşməsinə kömək edir.

Azot oksidi (NO) səviyyəsi. 5% PEG NO səviyyəsini kontrol variantla müqayisədə 84,17% artırmış, 15% PEG isə onu 56,31% azaltmışdır. 10 μM İST NO-nu 4,29% azaltmış, 50 μM İST isə 67,64% artırmışdır. PEG + İST kombinasiyaları aralıq dəyərlər göstərmişdir: 10 μM İST + 5% PEG – nəzarətdən 22,13% yüksək, 50 μM İST + 5% PEG – 39,29% yüksək. Lakin 5% PEG ilə müqayisədə bu kombinasiyalarda NO 24–34% aşağı olmuşdur ki, bu da PEG-in müstəqil təsirinin daha güclü olmasına işarə edir. Ümumilikdə, mülayim stress (5% PEG) NO səviyyəsini artırır, güclü stress (15% PEG) isə azaldır; İST -nin yüksək qatılığı (50 μM) NO-nu artırır, aşağı qatılıqlar (1–10 μM) isə azaldır. İST -nin QO ilə kombinasiyaları da bəzi hallarda NO-nu azalda bilər; lakin 1 μM İST + 15% PEG + QO variantında cüzi artım qeyd olunmuşdur. Bu, QO-nun NO biosintezinə dolayısı tənzimləyici təsiri (məs., nitrat/nitritlərin reduktazalar vasitəsilə çevrilməsinin və ya NO-sintaz aktivliyinin modulyasiyası) ilə izah oluna bilər.

c) Biotik stresə adaptasiya: Patogenlə yoluxmuş bitkilərin fitohormon+QO təsirinin təyini.

Təcrübələr Sənaye Kimyası Elmi-Tədqiqat laboratoriyasında aparılmış, induksiyaedici qatılıqda (10 μM) kinetin və kinetin+QO nanoansamblı TM-1 və Pima 3-79 pambıq genotiplərində sınaqdan

keçirilmişdir. Təcrübələrdə beş qrup nəzərdən keçirilmişdir: nəzarət, kinetin, kinetin+QO, kinetin+patogen və kinetin+QO+patogen.

Morfometrik nəticələr:

Kinetin bitkilərin inkişafını əhəmiyyətli dərəcədə stimullaşdırmış, kinetin+QO nanoansamblı isə bu təsiri daha da gücləndirmişdir. Patogenlə yoluxdurulmuş qruplarda cücərmə və yaşama faizi kəskin azalmış, xüsusilə Pima 3-79 genotipi daha həssas olmuşdur. TM-1-də kinetin tətbiqi cücərməni 30%, kinetin+QO+patogen kombinasiyası isə yaşama səviyyəsini 40% artırmışdır. Pima genotipində kinetin+QO+patogen tətbiqi nəticəsində sağ qalan bitkilərin faizi 85%-ə qədər yüksəlmişdir.

Böyümə göstəriciləri:

TM-1 genotipində kinetin gövdə uzunluğunu artırmış, lakin patogenlə birlikdə bu təsir zəifləmişdir. Kinetin+QO variantında artım müşahidə olunsada, patogen şəraitində nəticə az fərqlənmişdir. Pima genotipində isə böyümə göstəriciləri az dəyişmiş, yalnız kök uzunluğunda cüzi artım qeydə alınmışdır. Bu fərqlər genotipə xas adaptasiya mexanizmləri ilə əlaqələndirilir.

Antioksidant fermentlərin aktivliyi:

Patogen hər iki genotipdə katalaza aktivliyini artırmışdır. TM-1-də kinetin+QO+patogen birləşməsi katalaza aktivliyini 30% yüksəltmiş, bu da nanoansamblın sinergetik təsirini göstərmişdir. Pima 3-79-da isə bu artım cəmi 13% təşkil etmişdir. Peroksidaza aktivliyi TM-1-də kinetin və kinetin+QO təsiri ilə dəyişməmiş, Pima genotipində isə kinetin 20% artıma səbəb olmuşdur. Polifenol oksidaza aktivliyində hər iki genotip üçün əhəmiyyətli dəyişiklik müşahidə olunmamışdır.

NO miqdarı və piqment göstəriciləri:

Patogenlə yoluxdurulmuş nümunələrdə NO səviyyəsi azalmışdır. TM-1-də kinetin NO miqdarını 30% azaltmış, kinetin+QO+patogen kombinasiyası isə azalma dərəcəsini 29%-lə məhdudlaşdırmışdır. Pima 3-79-da kinetin NO səviyyəsini 18–19% azaltmış, patogen+kinetin isə 40% azalma göstərmişdir. Kinetin+QO variantı Pima üçün NO səviyyəsini dəyişməmişdir.

Fotosintetik piqmentlər üzrə, patogen hər iki genotipdə xlorofil və karotinoid miqdarını artırmışdır. TM-1-də kinetin və xüsusilə kinetin+QO+patogen təsiri ilə xlorofil a, b və karotinoidlərdə 50–80% artım qeydə alınmışdır. Pima genotipində isə bu artım zəif olmuş, fərdi kinetin təsirində isə cüzi azalma müşahidə edilmişdir.

Nəticələr göstərir ki, kinetin və onun qrafen oksid əsaslı nanoansamblı pambıq genotiplərində oksidativ stressə qarşı cavab reaksiyalarını modulyasiya edir. TM-1 genotipi nanoansamblın təsirinə daha güclü cavab vermiş, bu da onun patogenə qarşı müqavimət potensialının artdığını göstərir. Pima 3-79 isə kinetinə daha həssas olsa da, nanoansamblın təsiri ilə sabitləşmə müşahidə edilmişdir.

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

Tədqiqat işində ilk dəfə olaraq qrafen oksidin (QO) yeni, təkmilləşdirilmiş üsulla sintezi həyata keçirilmiş, onun quruluşu müasir fiziki analiz metodları – FT-İR, XRD və TEM vasitəsilə hərtərəfli tədqiq edilmişdir. Analizlər nəticəsində sintez olunmuş QO-nun lay qalınlığının təxminən 1 nm olduğu və onun yüksək dərəcədə monodispers sistem əmələ gətirdiyi müəyyən edilmişdir. Əldə olunan laylı QO strukturu əsasında fitohormonlar –indol-3-sirkə turşusu (İST) və kinetinlə qeyri-kovalent konyuqasiya prinsipi üzrə yeni nanoansamblar sintez edilmişdir. Aparılan analizlər bu nanoansambların quruluş sabitliyini və uzunmüddətli dispers davamlılığını sübut etmişdir.

Eyni zamanda İST və QO-nun kompleks təsiri nəticəsində pambıq bitkisinin (Gossypium hirsutum L.) baş verən biokimyəvi və fizioloji dəyişikliklər sistemli şəkildə öyrənilmişdir. Nəticələr göstərmişdir ki, İST+QO və kinetin+QO nanoansamblı bitkilərdə gövdə uzanmasını və hüceyrə böyüməsini

əhəmiyyətli dərəcədə stimullaşdırır, eyni zamanda yarpaq toxumalarında katalaza, peroksidaza və polifenoloksidaza kimi əsas antioksidant fermentlərin aktivliyini artırır. Bu işə kompleksin antioksidant müdafiə sistemini aktivləşdirən sinergetik təsirini təsdiqləmişdir. Həmçinin tədqiqatlarda İST+QO ilə işlənmiş bitkilərdə azot oksidinin (NO) səviyyəsi artmış, bu da stress əleyhinə NO-signal yollarının aktivləşməsinə və sistemli müdafiə reaksiyalarının yaranmasını göstərmişdir.

Maraqlı nəticələrdən biri ondan ibarətdir ki, nanoansamblların tətbiqi zamanı prolinin yığılması müşahidə edilməmiş, bu işə onun osmotik stress yaratmadığını və əksinə, oksidativ stressi azaltmaqla bitkilərdə metabolik balansın və redoks-homeostazını tənzimlədiyinin göstəricisidir. Beləliklə, əldə olunan məlumatlar nanoansamblın bitki hüceyrələrinin stressə qarşı müdafiə mexanizmlərini gücləndirdiyini sübut etmişdir.

Tədqiqatın elmi yenilikləri ondan ibarətdir ki, bu işdə stabil qrafen -oksid əsaslı nanoansambllar sintez edilmiş, onların quruluşu və hüceyrədaxili mövcudluğu təsdiq edilmiş və stress zamanı bitkilərin müdafiə sistemində induktiv təsirləri tərəfindən müəyyən edilmişdir.

Alınmış nəticələr fitohormon əsaslı nanoansamblların bitkilərdə müsbət biokimyəvi və fizioloji təsirlərini izah etməklə, qrafen əsaslı nanoansamblların kənd təsərrüfatında ekoloji dayanıqlı texnologiyalar kimi istifadəsinə elmi əsas yaradır.

4 Layihənin yerinə yetirilməsi zamanı istifadə olunan üsul və yanaşmalar

Tədqiqat işində həm nanomateriallərin sintezi, həm də onların bitkilərə təsirinin biokimyəvi və morfoloji səviyyədə öyrənilməsi üçün kompleks eksperimental yanaşma tətbiq olunmuşdur. İş aşağıdakı mərhələləri və üsulları əhatə etmişdir:

1. Qrafen oksidinin sintezi və modifikasiyası

Qrafen oksid (QO) nanolaylarının sintezi ədəbiyyatda məlum Hammer üsulunun modifikasiyası əsasında həyata keçirilmişdir. Modifikasiya oksidləşdiricilərin qatılığının artırılması və qrafit layları arasında C-C rabitələrinin sonifikasiya üsulu ilə parçalanması ilə bağlı olmuşdur. Bu proses nəticəsində qalınlığı təxminən 1 nm olan QO nanolayları alınmışdır.

2. Nanoansamblların sintezi və quruluşunun öyrənilməsi

İndol-3-sirkə turşusu (İST) və kinetin əsasında qeyri-kovalent konyuqasiya üsulu ilə QO nanoansamblları sintez edilmişdir. Sonifikasiya zamanı QO nanolayları və üzvi molekullar arasında hidrogen rabitələri və $\pi-\pi$ rabitələri formalaşmışdır. Əldə edilmiş nanostrukturaların quruluşu və davamlılığı FT-İS (Fourier Transform Infrared Spectroscopy), toz XRD (X-ray Diffraction) və TEM (Transmission Electron Microscopy) üsulları ilə tədqiq olunmuşdur. Bu analizlər nanoansamblların monodispersliyini, struktur sabitliyini və laylı morfolojiyasını təsdiqləmişdir.

3. Bitkilərin yetişdirilməsi və eksperimental dizayn

Gossypium hirsutum (adi pambıq) və *Gossypium barbadense*-nin (misir pambığının) fərqli sortlarından istifadə edilmişdir. Toxumlar əvvəlcə 0.3% kalium permanqanat məhlulu ilə sterilizasiya olunmuş, sonra perlitlə doldurulmuş dibçəklərdə əkilərək konteynerlərə yerləşdirilmişdir. Bitkilər fitotron şəraitində (24–26°C, 65–75% rütubət, işıq/qaranlıq rejimi 14/10 saat, işıq intensivliyi 4800 lüks) yetişdirilmişdir. Vegetasiya dövründə bitkilərə Ştayner qidalı məhlulu vasitəsilə fərqli qatılıqlarda nanoansambllar tətbiq olunmuşdur. Analizlər üçün dörd yarpaqlı (3 həftəlik) bitkilər götürülmüşdür.

4. Morfometrik göstəricilərin təyini

Kök və gövdə uzunluqları ölçü xətkəsi və ImageJ proqramı ilə ölçülmüş, nəticələr orta göstəricilər və standart sapma ilə ifadə olunmuşdur. Bu məlumatlar bitki böyümə dinamikasının və morfofizioloji reaksiyalarının ilkin qiymətləndirilməsinə imkan vermişdir.

5. Biokimyəvi analizlər

Fitohormon+QO-nun fizioloji və biokimyəvi təsirlərinin müəyyən etmək məqsədilə aşağıdakı analizlər aparılmışdır:

- a) Quayakol peroksidaza (GPX, EC 1.11.1.7) aktivliyi Chance və Maehly (1955) üsulu əsasında spektrofotometrlə 440 nm-də tetraqayakolun əmələ gəlməsinə əsasən təyin olunmuşdur.
- b) Katalaza (CAT, EC 1.11.1.6) aktivliyi Mosheva (1982) qazometrik metodu ilə, 3% H₂O₂ substratı ilə oksigen ayrılması üzrə hesablanmışdır.
- c) Polifenol oksidaza (PPO, EC 1.10.3.1) aktivliyi Ermakov (1987) və Sharma (2001) metodlarının modifikasiyası ilə 590 nm-də katexolun oksidləşməsi əsasında müəyyən edilmişdir.
- d) Azot oksidi (NO) miqdarı Qriss reaktivi və Zhou (2005) və Karpets (2015) metodlarının modifikasiyası ilə 548 nm-də spektrofotometrik ölçmə yolu ilə təyin olunmuşdur.
- e) Prolin miqdarı Bates və Boctor (1971) metoduna əsaslanan nazik təbəqəli xromatoqrafiya (NTX) üsulu ilə təyin edilmişdir; nəticələr ImageJ proqramında densitometrik olaraq analiz edilmişdir.

6. Mikroskopik tədqiqatlar

Bitkilərin (kök, gövdə, yarpaq) ultrastrukturu işıq və elektron mikroskopiya üsulları ilə tədqiq olunmuşdur. Fiksasiya 2% paraformaldehid, 2% qlutaraldehid və 1% kofein tərkibli məhlulda aparılmış, sonradan 1% osmium tetroksid ilə postfiksasiya olunmuşdur.

Hazırlanmış nümunələr Araldite–Epon bloklarında bərkidilmiş, EM UC7 ultramikrotomu ilə 1–2 µm və 50–70 nm qalınlığında kəsiklər hazırlanmışdır. Yarı-nazik kəsiklər metilen mavisi, azur II və əsas fuksinlə boyanmış və Zeiss Primo Star işıq mikroskopunda müşahidə olunmuşdur. Ultra-nazik kəsiklər JEM-1400 TEM mikroskopunda 80–120 kV gərginlik altında tədqiq olunmuşdur. Morfometrik analizlər "The TEM Imaging Platform" proqramı vasitəsilə həyata keçirilmişdir.

7. Statistik və proqram analizi

Bütün analizlər üç təkrarda aparılmış, orta kənarlanma və statistik səhv ±SD və ±SE ilə ifadə olunmuşdur. Fərqlərin etibarlılığı Student t-test ilə qiymətləndirilmişdir. Densitometrik, morfometrik və biokimyəvi analizlər ImageJ, Excel və Statistica 12 proqramlarında işlənmişdir.

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

1. Nurlan Amrahov, Ulviyya Hasanova, Gunel Aliyeva, Goncha Aghazada, Ruhangiz Mammadova, Shader Alizade, Zarema Gakhramanova, Sibel Hasanova, Narmin Mukhtarova, Ziyaddin Mammadov (2025). Effect of kinetin-graphene oxide nanoensemble on the development and antioxidant system of cotton. *Acta Botanica Caucasica*. Vol 4, No 1, p.55-65. Link: <https://botanic.az/az/publishedarticle/92>
2. Jafar Ashumov, Nurlan Amrahov, Sabina Ojagverdiyeva, Roya Jafarzadeh, Ziyaddin Mammadov (2025). Investigation of the role of gibberellic acid in salinity tolerance of upland cotton plant. *Nature & Science*. Vol. 7 Issue. 4, pp 93-101. Link: <https://doi.org/10.36719/2707-1146/55/94-102>
3. Sevinj Allahverdiyeva, Nigar Zakirova, Saib Gulahmadov, Nurlan Amrahov, Ziyaddin Mammadov (2025). Effect of the sodium nitroprusside inducer on the concentration of nitric oxide and photosynthetic pigments under stress conditions. *Nature & Science*. Vol. 7 Issue. 4, pp 64-72. Link: <https://doi.org/10.36719/2707-1146/55/64-72>
4. Sevinc Xancanlı, Nurlan Əmrahov, Rühəngiz Məmmədova, Ülviyyə Həsənova, Nərminə Abdullayeva, Sibel Həsənova, Elşən Əliyev, Röya Cəfərzadə, Ziyəddin Məmmədov (2025). Ağdaş-3 adi pambiq (*Gossypium hirsutum*) sortunun duzluluğa qarşı adaptasiyasına kinetin və kinetin-qrafen oksid kompleksinin təsiri. *Azərbaycan Texnologiya Universiteti «ELMİ XƏBƏRLƏR» məcmuəsi*. № 1, səh 31-37. Link: <https://snjournal.atu.edu.az/storage/arxiv/4301745869306.pdf>

6 İxtira və patentlər, səmərələşdirici təkliflər

-

7 Layihə üzrə ezamiyyətlər

-

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 Layihə çərçivəsində aşağıda adları göstərilən həmkarlarla həmrək işlərin aparılması həyata keçirilir: 1. Azərbaycan Tibb Universitetinin Sitologiya, Embriologiya və Histologiya kafedrasının müdiri professor Eldar Qasimov və Elektron Mikroskopiya Laboratoriyasının müdiri Fuad Rzayev 2. Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi Genetik Ehtiyatlar İnstitutunun Texniki və Yem bitkiləri şöbəsinin müdiri Rühəngiz Məmmədova 3. Azərbaycan Respublikası Kənd Təsərrüfatı Nazirliyinin Əkinçilik Elmi Tədqiqat İnstitutunun direktoru Faiq Xudayev 4. Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi Radiasiya Problemləri İnstitutunun əməkdaşları Hacı Vahid Axundzadə və Rəna Xankişiyeva.
13	Xarici həmkarlarla əlaqələr Layihə çərçivəsində aşağıda adları göstərilən Türkiyə Respublikasının universitetlərindən həmkarlarla həmrək işlərin aparılması həyata keçirilir: 1. Ege Universiteti Fən fakültəsinin əməkdaşları professor Ferah Sayım, professor Esra Ersoy Öməröglü və professor Banış Uzılday. 2. Sivas Cumhuriyyət Universitetinin Fən fakültəsindən professor Koray Sayın. 3. Yıldır Texnik Universitetinin Kimya-Metallurgiya fakültəsindən professor Sevil Yücel. 4. Yaşar Universiteti Tarım Bilimləri və Texnoloji fakültəsinin dekanı professor İsmail Türkan.
14	Layihə mövzusu üzrə kadr hazırlığı Layihə çərçivəsində 1 doktorant, 3 magistr və 3 bakalavr tələbəsinin hazırlığı həyata keçirildi. Magistrların hazırlığı əsasən yeni nanoansamblların sintezi, onların fərqli bitkilərdə təsirinin öyrənilməsi ilə əlaqəli idi.
15	Sərgilərdə iştirak
	-
16	Təcrübəartırmada iştirak və təcrübə mübadiləsi
	-
17	Layihə mövzusu ilə bağlı elmi-kütləvi nəşrlər, kütləvi informasiya vasitələrində çıxışlar, yeni yaradılmış internet səhifələri və s.
	-

Layihə rəhbərinin imzası _____ Əmrahov Nurlan Rəşid oğlu

Tarix _____

QEYD: bütün hallarda uyğun olan bəndlər doldurulmalıdır.