

“Հաստատում եմ”



ՀՀ ԳԱԱ Հ. Բունիաթյանի անվան

Կենսաքիմիայի ինստիտուտի տնօրեն,

Կ.գ.թ., դոցենտ Ա. Անտոնյան

<<28>> նոյեմբերի 2025 թ.

ԱՌԱՋԱՏԱՐ ԿԱԶՄԱԿԵՐՊՈՒԹՅՈՒՆ

ԿԱՐԾԻՔ

Ջեմմա Գուրգենի Մանոյանի «Ֆիզիկաքիմիական գործոնների ազդեցությունը *Parachlorella kessleri* և *Chlorella vulgaris* կանաչ ջրիմուռներում ջրածնի լուսակախյալ արտադրության վրա» ատենախոսության վերաբերյալ ներկայացված Գ.00.04 «Կենսաքիմիա» մասնագիտությամբ կենսաբանական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման համար

Աշխատանքը քննարկվել և տրվել է կարծիք ՀՀ ԳԱԱ Հ. Բունիաթյանի անվան Կենսաքիմիայի ինստիտուտի գիտխորհրդի 2025թ. Նոյեմբերի 28-ի թիվ 10 նիստում: Նիստին մասնակցում էին Կ.գ.թ., դոցենտ Ա. Անտոնյանը, Կ.գ.դ., պրոֆեսոր Մ. Սիմոնյանը, Կ.գ.դ. Ս. Մարդանյանը, Կ.գ.դ. Ս. Չախլյանը, Կ.գ.թ., դոցենտ Հ. Հայրապետյանը, Կ.գ.թ. Գ. Գյուլխանդանյանը, Կ.գ.թ. Վ. Գասպարյանը, Կ.գ.թ. Ն. Ալուջյանը, Կ.գ.թ. Ֆ. Սարուխանյանը, Կ.գ.թ. Զ. Պարոնյանը, Կ.գ.թ. Վ. Քնարյանը, Կ.գ.թ. Ն. Քոչարյանը, Կ.գ.թ. Ի. Սահակյանը, Կ.գ.թ. Ռ. Սիմոնյանը, Կ.գ.թ., դոցենտ Ա. Մարգարյանը, Կ.գ.թ. Ք. Դանիելյանը:

Քննարկման ընթացքում տրվեցին հարցեր, որոնց ատենախոսը տվեց մանրամասն պատասխաններ: Ելույթ ունեցան Կ.գ.թ. Ֆ. Սարուխանյանը Կ.գ.թ., դոցենտ Ա. Անտոնյանը, Կ.գ.թ. Ն. Ալուջյանը, Կ.գ.թ. Ն. Քոչարյանը, որոնք ընդգծեցին աշխատանքի հիմնական արժանիքները՝ նորույթը և գիտագործնական նշանակությունը:

Ատենախոսության թեմայի արդիականությունը:

Ներկայումս մոլեկուլային ջրածինը (H_2) բարձր էներգետիկ արժեքի (142 ՄՋ/կգ) և շրջակա միջավայրի վրա չնչին բացասական ազդեցության շնորհիվ դիտարկվում է որպես վառելիքի մրցունակ տարբերակ: Կենսավառելիքի արտադրության

տեխնոլոգիայում մեծ հետաքրքրություն է առաջացնում կենսաբանական ճանապարհով H_2 -ի՝ որպես վերականգնվող էներգիայի խոստումնալից էկոլոգիապես մաքուր աղբյուր ստացումը: Ջրածնի արտադրության առավելություններից է ցածր ծախսատարությունը, ֆոտոտրոֆ միկրոօրգանիզմների դեպքում արևի լույսի օգտագործումը որպես էներգիայի աղբյուր և էժան ելանյութերի, օրինակ՝ արդյունաբերական թափոնների, կիրառումը: H_2 -ի լուսակախյալ արտադրության գործընթացը կապված է ֆոտոսինթեզի հետ և ընթանում է ծիրանագույն բակտերիաներում՝ ածխածնի օրգանական աղբյուրների «ֆոտոխմորման» արդյունքում, կանաչ ջրիմուռներում և ցիանաբակտերիաներում՝ ջրի «ուղղակի և անուղղակի» կենսաֆոտոլիզի ընթացքում: Ֆոտոսինթեզ իրականացնող կանաչ ջրիմուռներում և ցիանաբակտերիաներում H_2 -ի լուսակախյալ արտադրությունը համարվում է վերականգնվող էներգիայի ստացման առավել արդյունավետ գործընթաց, որտեղ ջուրը հանդես է գալիս որպես էլեկտրոնի դոնոր, իսկ լույսը՝ որպես էներգիայի աղբյուր: Կանաչ ջրիմուռները ֆոտոսինթեզող միկրոօրգանիզմներ են, որոնք լայնորեն տարածված են տարբեր էկոհամակարգերում, օժտված են նյութափոխանակության բարձր ճկունությամբ և հանդիսանում են տարբեր միացությունների՝ ածխաջրերի, լիպիդների, սպիտակուցների, ինչպես նաև հակաօքսիդանտային ակտիվությամբ օժտված կարոտինոիդների, տոկոֆերոլների, վիտամինների արտադրիչներ: Դրանք սինթեզվում են նաև, երբ ջրիմուռը հայտնվում է սթրեսային՝ սննդանյութերի կամ կենսածին տարրերի սակավության, լույսի ինտենսիվության, ջերմաստիճանի և pH-ի ոչ նպաստավոր պայմաններում: H_2 -ի արտադրությունը կապված է ֆոտոսինթեզի ընթացքում էլեկտրոնի տեղափոխման հետ, կատալիզվում է [FeFe]-հիդրոգենազով, որի հիմնական դոնորը՝ ֆերեդօքսինն է և կարևորագույն նախապայմանը՝ թթվածնի բացակայությունը: Կանաչ ջրիմուռներում գործում են H_2 -ի արտադրության երկու ուղիներ՝ ՖՀ 2-կախյալ և անկախ: ՖՀ 2-կախյալ ուղին ներառում է ջրի օքսիդացումը, մինչդեռ ՖՀ 2-անկախ ուղին էնդոգեն սուբստրատի յուրացման գործընթաց է: Ուսումնասիրությունների մեծ մասում H_2 -ի արտադրության ուսումնասիրման համար *Chlamydomonas reinhardtii*-ն օգտագործվում է որպես մոդելային կանաչ ջրիմուռ, մինչդեռ *Chlorallaceae* ընտանիքի մեկ այլ

տեսակի՝ *Parachlorella kessleri*-ի H_2 արտադրելու ունակությունը դեռևս ուսումնասիրված չէ:

Ջրիմուռներում սննդանյութերի սահմանափակումը կենսավառելիքի երկարատև արտադրության համար ընդունված մոտեցում է: Ծծմբի անբավարարությունը ածխածնի նյութափոխանակության կարգավորման լայնորեն կիրառվող մոտեցում է, որը նպաստում է ջրիմուռներում անաերոբ պայմանների ստեղծմանը և H_2 -ի երկարատև արտադրությանը: Ծծմբի սակավությունը նպաստում է հիդրոգենազի ակտիվացմանը և H_2 -ի առաջացմանը:

Թեև վաղուց հայտնի է կանաչ ջրիմուռների H_2 արտադրելու ունակությունը, սակայն բացակայում են այդ գործընթացը կարգավորող մեխանիզմների մասին պատկերացումները: Այդ առումով ՀՀ-ում տարածված կանաչ ջրիմուռները կայուն էներգիայի արտադրության դեռևս չուսումնասիրված աղբյուրներ են: Ուստի ՀՀ-ում մեկուսացված կանաչ ջրիմուռներում H_2 -ի լուսակախյալ արտադրության և դրա կարգավորող մեխանիզմների ուսումնասիրությունը արդիական է և հեռանկարային: Գործընթացի հիմքում ընկած հիմնական կենսաքիմիական ուղիների պարզաբանումը թույլ կտա օպտիմալացնել H_2 -ի բարձր ելքեր ապահովող պայմանները՝ ապագա լայնածավալ կիրառությունների համար:

Արեւնախոսության գիտական նորույթ:

Աշխատանքում առաջին անգամ ուսումնասիրվել են ՀՀ-ում մեկուսացված *Parachlorella kessleri* և *Chlorella vulgaris* կանաչ ջրիմուռների անաերոբ նյութափոխանակության առանձնահատկությունները և H_2 -ի լուսակախյալ արտադրությունը ֆիզիկաքիմիական տարբեր գործոնների ազդեցությամբ:

Պարզվել է, որ *P. kessleri*-ի ֆոտոհետերոտրոֆ անաերոբ աճի պայմաններում քաղախաթթվի առկայությամբ H_2 -ի արտադրությունը խթանվել է ֆոտոավտոտրոֆ պայմաններում աճեցման համեմատությամբ: Բացահայտվել է *P. kessleri*-ում H_2 -ի արտադրության վրա պրոտոնոֆորների խթանիչ ազդեցությունը, պայմանավորված *P. kessleri*-ի թիլակոիդային թաղանթում պրոտոնաշարժ ուժի ցրման հետ, ինչը մեծացնում է ՖՀ 1-ի միջոցով էլեկտրոնների հասանելիությունը հիդրոգենազի համար: Առաջին անգամ հետազոտվել է 51.8 ԳՀց և 53.0 ԳՀց հաճախությամբ էՄՃ-ի ազդեցությունը *P. kessleri*-ի վրա: Յույց է տրվել, որ *P. kessleri*-ի արձագանքը այս

դեպքում բարդ գործընթաց է, որը կախված է ջրիմուռների աճի պայմաններից և միջավայրում O_2 -ի առկայությունից:

Առաջին անգամ իրականացվել է ՀՀ-ում մեկուսացված կանաչ ջրիմուռների աճի բնութագրերի, ֆոտոսինթեզող գունակների, ֆոտոհամակարգերի ակտիվության և H_2 -ի արտադրության գնահատում կենսածին տարրերի (ծծումբ և ազոտ) անբավարարության պայմաններում: Կանաչ ջրիմուռներում H_2 -ի արտադրությունը խթանվում է կենսածին տարրերի անբավարարության փորձարկված բոլոր դեպքերում, իսկ H_2 -ի առավելագույն ելք գրանցվել է ծծմբի և ազոտի համակցված սակավության պայմաններում: ՖՀ 2-ի արգելակիչ դիրությունի ազդեցության ուսումնասիրությունը ցույց է տվել, որ կենսածին տարրերի սակավության պայմաններում *P. kessleri*-ում հիմնականում գործում է ՖՀ 2-կախյալ H_2 արտադրության ուղին:

Ուսումնասիրվել են նաև կանաչ ջրիմուռներում H_2 -ի արտադրության համար էթանոլի և գարեջրի արտադրության թափոնների կիրառման հեռանկարները: Նշված թափոնների օգտագործումը խթանում է ջրիմուռների ֆոտոհետերոտրոֆ աճը և H_2 -ի լուսակախյալ արտադրությունը: Թափոն պարունակող միջավայրում աճեցված *P. kessleri*-ում գործում են H_2 -ի արտադրության 2 ուղի՝ ՖՀ 2-կախյալ և անկախ՝ ՖՀ 2-անկախ ուղու գերակշռմամբ: Ավելին, H_2 -ի արտադրության ուղիների հետազոտումը և բարձր ելք ապահովող պայմանների բարելավումը կարևոր են ջրիմուռների՝ որպես էներգիայի աղբյուրի ներուժի բացահայտման համար:

Արտենախոսության բովանդակությունը և ձևավորման գնահատականը:

Ջեմմա Մանոյանի ատենախոսական աշխատանքը կազմված է ներածություն, գրական ակնարկ, նյութեր և մեթոդներ, հետազոտության արդյունքներ և դրանց քննարկում բաժիններից, եզրակացություններից, օգտագործած գրականության և հապավումների ցանկերից:

Ներածական բաժնում հայցորդի կողմից հիմնավորված են աշխատանքի արդիականությունը, գիտական նորույթը, աշխատանքի նպատակն ու խնդիրները, ստացված արդյունքների գործնականում կիրառելու հնարավորությունները:

Գրական ակնարկում հեղինակի կողմից ուսումնասիրվել են գիտական գրականության առկա տվյալները որոնց քննարկումն ուղեկցվում է համապատասխան նկարներով և սխեմաներով՝ հասկանալի դարձնելով շարադրանքը:

Ուսումնասիրվել են առկա տվյալները կանաչ ջրիմուռների ընդհանուր բնութագրի, կիրառման ոլորտների, դրանցում ջրածնի արտադրության և մասնակցող ֆերմենտների առանձնահատկությունների, անաերոբ նյութափոխանակության և կենսաջրածնի արտադրության մեխանիզմների վերաբերյալ: Բերվել են տվյալներ կենսաածին տարրերի անբավարարության պայմաններում ջրածնի արտադրության, արդյունաբերական թափոնների և դրանց կիրառման հեռանկարների վերաբերյալ:

Հետազոտության առարկան և մեթոդները բաժնում մանրամասն նկարագրված են ատենախոսի կողմից կիրառված հետազոտության կենսաքիմիական և մանրէաբանական ժամանակակից մեթոդները:

Արդյունքների նկարագրման և քննարկման բաժիններում ներկայացված են կատարած ծավալուն փորձարարական աշխատանքի հիման վրա ստացած տվյալները և դրանց քննարկումը:

Փորձարարական աշխատանքների արդյունքների բաժնում ներկայացված են ստացված արդյունքները և դրանց մանրամասն վերլուծությունը, ինչին մեծապես նպաստում են ներկայացված 29 նկարները:

Աշխատանքում ցույց է տրվել, որ կանաչ ջրիմուռ *Parachlorella kessleri*-ն հիմնականում ֆոտոհամակարգ (ՖՀ) 2-կախյալ H_2 -ի արտադրության ուղիով իրականացնում է H_2 -ի լուսակախյալ արտադրություն ֆոտոհետերոտրոֆ անաերոբ պայմաններում: 51.8 ԳՀց և 53.0 ԳՀց հաճախությամբ էլեկտրամագնիսական ճառագայթները աերոբ պայմաններում խթանում են *P. kessleri*-ի աճը և ֆոտոսինթեզող գունակների պարունակությունը, մինչդեռ անաերոբ պայմաններում դրանք ունեն արգելակող ազդեցություն: Ազոտի և ծծմբի անբավարարության դեպքում *P. kessleri* և *C. vulgaris* կանաչ ջրիմուռներում խթանվում է H_2 -ի լուսակախյալ արտադրությունը: ՖՀ 2 գործում է որպես էլեկրոնների հիմնական մատակարար:

Հետազոտությունների վերջին մասը վերաբերում է էթանոլին և գարեջրի արտադրության թափոններին որպես *P. kessleri*-ի և *C. vulgaris*-ի աճման միջավայրեր, որոնց օգտագործումը խթանել է H_2 -ի լուսակախյալ արտադրությունը: H_2 -ի առավելագույն ելք գրանցվել է թափոնների նոսրացման և pH 7.5-ում: Թափոն պարունակող միջավայրում աճեցված *P. kessleri*-ում գործում են H_2 -ի արտադրության 2 ուղի՝ ՖՀ 2-կախյալ և անկախ, ընդ որում թափոնները կարող են օգտագործվել

ջրիմուռների կողմից՝ ՖՀ 2-անկախ ճանապարհով H_2 արտադրությունը ապահովելու համար:

Ատենախոսության եզրահանգումները տրամաբանորեն հետևում են փորձերի արդյունքներից և բազմակողմանի հիմնավորված են:

Ատենախոսության գործնական արժեքը:

Սեղմագրի համապատասխանությունը ապենախոսության հիմնական դրույթներին: Հեղինակի կողմից ստացված արդյունքները տպագրվել են միջազգային և հանրապետական գիտական ամսագրերում և միջազգային գիտաժողովների թեզիսներում: Սեղմագիրը համապատասխանում է ատենախոսության բովանդակությանը:

Այս ամենով հանդերձ կան որոշակի դիտողություններ՝

- Աշխատանքում մեծ շեշտ է դրված այն փաստի վրա, որ *P. kessleri*-ն ՀՀ-ում մեկուսացված շտամ է: Սակայն չի շեշտվում, թե այս շտամը ինչ էական տարբերություններ ունի միջազգային օգտագործվող շտամներից՝ H_2 արտադրության, ֆոտոսինթեզի կամ սթրեսային արձագանքի տեսանկյունից: Լավ կլիներ, որ դա հստակ արտացոլված լիներ եզրակացություններում:
- Ծծմբի և ազոտի սակավությունը տալիս է առավելագույն H_2 ելք: Դա լավ է H_2 ելքի տեսանկյունից, սակայն այդ համակցված սթրեսը կարող է հանգեցնել բջիջների դիմադրողականության նվազման կամ անդառնալի վնասի:
- Աշխատանքում դուք կիրառել եք 51.8 և 53.0 ԳՀց հաճախականությամբ ճառագայթում: Ի՞նչ գիտական հիմքով են ընտրվել հենց այդ հաճախությունները, և ինչու մյուս հաճախությունները չեն դիտարկվել որպես համեմատական վերահսկում

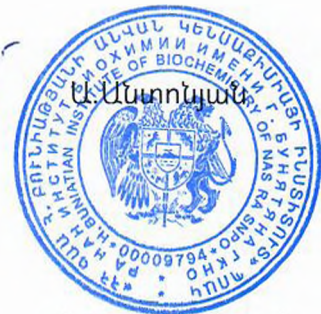
Եզրակացություն: Հաշվի առնելով վերը նշվածը, կարելի է եզրակացնել, որ Ջեմմա Գուրգենի Մանոյանի «Ֆիզիկաքիմիական գործոնների ազդեցությունը *Parachlorella kessleri* և *Chlorella vulgaris* կանաչ ջրիմուռներում ջրածնի լուսակախյալ արտադրության վրա» թեմայով թեկնածուական ատենախոսական աշխատանքը

ավարտուն գիտագործնական ուսումնասիրություն է: Այն բավարարում է ՀՀ-ում գիտական աստիճանաշնորհման կանոնակարգի 7-րդ կետով թեկնածուական ատենախոսություններին ներկայացվող պահանջներին, իսկ հեղինակն արժանի է Գ.00.04 - «Կենսաքիմիա» մասնագիտությամբ կենսաբանական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի շնորհմանը:

Կարծիքը քննարկվել և հաստատվել է ՀՀ ԳԱԱ Հ. Բունիաթյանի անվան կենսաքիմիայի ինստիտուտի գիտխորհրդի նիստում (արձանագրություն թիվ 10, 28 նոյեմբերի 2025թ.):

Նիստի նախագահ, կ.գ.թ., դոցենտ

Ա.Աստույան



Նիստի քարտուղար, գիտխորհրդի քարտուղար, կ.գ.թ., դոցենտ

Հ. Հայրապետյան

Հ. Հայրապետյան