

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

Երկիր մոլորակի կլիմայի փոփոխության և դրա բացասական հետևանքների, ինչպես նաև շրջակա միջավայրի կայունության վերաբերյալ մտահոգությունները կարևոր են դարձնում մաքուր և կայուն էներգիայի աղբյուրների փնտրտուքը և շահագործումը: Որպես վառելիքի մրցունակ տարբերակ դիտարկվում է մոլեկուլային ջրածինը (H_2) շնորհիվ բարձր էներգետիկ արժեքի (142 ՄՋ/կգ) և շրջակա միջավայրի վրա չնչին բացասական ազդեցության: 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: Օքսիգեն 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: Հաճախ այդ միացությունները սինթեզվում են, երբ ջրիմուռը հայտնվում է սթրեսային՝ սննդանյութերի կամ կենսածին տարրերի սակավության, լույսի ինտենսիվության, ջերմաստիճանի և pH-ի ոչ նպաստավոր պայմաններում: Որոշ կանաչ ջրիմուռներ ունակ են արտադրելու նաև H_2 : Կանաչ ջրիմուռներում 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: H_2 -ի արտադրության ուսումնասիրման տեսանկյունից *Chlorallaceae* ընտանիքի մեկ այլ տեսակի՝ *Parachlorella kessleri*-ի H_2 արտադրելու ունակությունը դեռևս ուսումնասիրված չէ:

Կենսավառելիքի երկարատև արտադրության համար առավել կիրառվող մոտեցումը ջրիմուռներում սննդանյութերի սահմանափակումն 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:

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 աճեցման ֆոտոափոփոխության պայմանների համեմատությամբ: Բացահայտվել է *P. kessleri*-ում H_2 -ի արտադրության վրա պրոտոնոֆորների խթանիչ ազդեցությունը, ինչը մեծացնում է ՖՀ 1-ի միջոցով էլեկտրոնների հասանելիությունը հիդրոգենազի համար: Հաստատվել է նաև, որ պրոտոնոֆորները արգելակում են O_2 -ի արտադրությունը՝ ճնշելով ՖՀ 2-ի աշխատանքը, ինչը հանգեցնում է անաերոբ պայմանների ձևավորմանը և H_2 -ի արտադրության խթանմանը: Հետազոտվել է 51.8 ԳՀց և 53.0 ԳՀց հաճախությամբ էՄՃ-ի ազդեցությունը *P. kessleri*-ի վրա: Առաջին անգամ իրականացվել է ՀՀ-ում մեկուսացված կանաչ ջրիմուռների աճի բնութագրերի, ֆոտոսինթեզող գունակների, ֆոտոհամակարգերի ակտիվության և H_2 -ի արտադրության գնահատում կենսաժին տարրերի (ծծումբ և ազոտ) անբավարարության պայմաններում: Տույց է տրվել, որ կանաչ ջրիմուռներում H_2 -ի արտադրությունը խթանվում է կենսաժին տարրերի անբավարարության փորձարկված բոլոր դեպքերում, իսկ H_2 -ի առավելագույն ելք գրանցվել է ծծմբի և ազոտի համակցված սակավության պայմաններում: ՖՀ 2-ի արգելակիչ դիուրոնի ազդեցության ուսումնասիրությունը ցույց է տվել, որ կենսաժին 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՝ որպես աճեցման սննդամիջավայրերի, կիրառման հեռանկարները: Յույց է տրվել, որ 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:

Ստացված տվյալները կարևոր են ՀՀ-ում մեկուսացված կանաչ ջրիմուռների ջրածնային նյութափոխանակության պարզաբանման համար: Ավելին, H_2 -ի արտադրության ուղիների հետազոտումը և բարձր ելք ապահովող պայմանների բարելավումը կարևոր քայլեր են ջրիմուռների՝ որպես էներգիայի աղբյուրի ներուժի բացահայտման ուղղությամբ:

Վերոհիշյալից ելնելով Ջ. Մանոյանի «Ֆիզիկաքիմիական գործոնների ազդեցությունը *Parachlorella kessleri* և *Chlorella vulgaris* կանաչ ջրիմուռներում ջրածնի լուսակախյալ արտադրության վրա» ատենախոսությունը արդիական է:

Ջ Մանոյանի ատենախոսական աշխատանքը կազմված է ԲՈԿ-ի պահանջներին համապատասխան: Ներածության մեջ ներկայացված են թեմայի արդիականությունը, կարևորությունը և հիմնավորումը, որից էլ բխում են աշխատանքի նպատակը, խնդիրները, գիտագործնական արժեքը և կիրառական նշանակությունը:

Գրական ակնարկում շարադրված են թեմային վերաբերող գիտական գրականության վերջին տարիների տվյալները, որոնց քննարկումն ուղեկցվում է համապատասխան նկարներով և սխեմաներով՝ հասկանալի դարձնելով շարադրանքը: Ուսումնասիրվել են գիտական գրականության առկա տվյալները կանաչ ջրիմուռների ընդհանուր բնութագրի, կիրառման ոլորտների, դրանցում ջրածնի արտադրության և դրանում մասնակցող ֆերմենտների առանձնահատկությունների, անաերոբ նյութափոխանակության և կենսաջրածնի արտադրության մեխանիզմների վերաբերյալ: Բերվել են տվյալներ կենսաժին տարրերի անբավարարության պայմաններում ջրածնի

արտադրության, արդյունաբերական թափոնների և դրանց կիրառման հեռանկարների վերաբերյալ:

Օգտագործած մեթոդների բաժնում մանրամասն նկարագրված են կանաչ ջրիմուռների աճեցման պայմանները, միջավայրի pH-ի և ՕՎՊ-ի որոշումները, H₂-ի արտադրության որոշումը, ֆոտոսինթեզային գունակների քանակի որոշումը, ֆոտոհամակարգերի ֆոտոքիմիական ակտիվության որոշումը PAM-ֆլուորիմետրիայի մեթոդով: Տրվել են կանաչ ջրիմուռներում կենսածին տարրերի անբավարարության պայմանների ստեղծումը, արդյունաբերական թափոնների մշակումը և վերլուծությունը, դրանցում ազոտի քանակի, քիմիական թթվածնի պահանջարկի որոշումը: Աշխատանքի ընթացքում օգտագործվել են հետազոտության մի շարք ճշգրիտ և զգայուն մեթոդներ, որոնք հնարավորություն են տվել ստանալ հավաստի տվյալներ և կատարել հիմնավորված եզրահանգումներ: Ստացված տվյալները ենթարկվել են վիճակագրական մշակման, դրանց հավաստիությունը կասկած չի հարուցում:

Փորձարարական աշխատանքների արդյունքների բաժնում ներկայացված են ստացած արդյունքները և դրանց մանրամասն վերլուծությունը, ինչին մեծապես նպաստում են ներկայացված 29 նկարները: Ցույց է տրվել, որ կանաչ ջրիմուռ *Parachlorella kessleri*-ն հիմնականում ֆոտոհամակարգ (ՖՀ) 2-կախյալ H₂-ի արտադրության ուղիով իրականացնում է H₂-ի լուսակախյալ արտադրություն ֆոտոհետերոտրոֆ անաերոբ պայմաններում:

51.8 ԳՀց և 53.0 ԳՀց հաճախությամբ էլեկտրամագնիսական ճառագայթները աներոբ 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 H₂-ի լուսակախյալ արտադրությունը: ՖՀ 2 գործում է որպես էլեկրոնների հիմնական մատակարար:

Էթանոլի և գարեջրի արտադրության թափոնների որպես *P. kessleri*-ի և *C. vulgaris*-ի աճման միջավայրերի օգտագործումը խթանել է H_2 -ի լուսակախյալ արտադրությունը: H_2 -ի առավելագույն ելք գրանցվել է թափոնների նոսրացման և pH 7.5-ի դեպքում: Բացահայտվել է, որ *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:

Այսպիսով, հետազոտության արդյունքները վկայում են, որ ՀՀ-ում մեկուսացված կանաչ ջրիմուռները, մասնավորապես *P. kessleri*-ն, H_2 -ի խոստումնալից արտադրիչ են: Պարզաբանվել են տվյալ ջրիմուռում H_2 -ի արտադրության առանձնահատկությունները և մեխանիզմները աճի տարբեր պայմաններում: Կենսաջրածնի արտադրության ուղիների ու մեխանիզմների ուսումնասիրությունը, և H_2 -ի բարձր ելքին նպաստող պայմանների օպտիմալացումը կարևոր են ՀՀ-ում մեկուսացված կանաչ ջրիմուռների՝ որպես կայուն էներգիայի աղբյուրների ներուժի պարզաբանման և կիրառման համար:

Գրականության ցանկում բերված են 151 գիտական հղումներ, որոնք հիմնականում վերաբերում են վերջին տարիների գիտական հրապարակումներին:

Ատենախոսության սեղմագիրը լիովին համապատասխանում է ատենախոսությանը, որի հիմնական դրույթներն ամփոփված են սեղմագրում: Հրատարակված աշխատանքները համապատասխանում են հետազոտության թեմային և ներկայացված են ատենախոսության մեջ:

Ընդհանուր առմամբ, Զ Մանոյանի ատենախոսական աշխատանքը թողնում է լավ տպավորություն և ես չունեմ աշխատանքի վերաբերյալ որևէ էական դիտողություն:

Պետք է առանձնահատուկ նշեմ նաև, որ ատենախոսությունը ձևակերպված է շատ խնամքով, դրանում գրեթե բացակայում են նման աշխատանքներում սովորաբար առկա տպագրական և ոճական սխալները, որը վկայում է աշխատանքի նկատմամբ ատենախոսի ջանադիր և լուրջ մոտեցման մասին:

Եզրափակելով ատենախոսության քննարկումը, գտնում եմ, որ Զեմմա Գուրգենի Մանոյանի «Ֆիզիկաքիմիական գործոնների ազդեցությունը *Parachlorella kessleri* և *Chlorella vulgaris* կանաչ ջրիմուռներում ջրածնի լուսակախյալ արտադրության վրա» թեմայով ատենախոսական աշխատանքը ունի որոշակի հիմնարար գիտական ու կիրառական նշանակություն:

Ձ. Մանոյանի ներկայացված ատենախոսությունը լիովին համապատասխանում է թեկնածուական ատենախոսություններին ՀՀ ԲԿԳԿ-ի կողմից ներկայացվող պահանջներին և հեղինակը՝ Զեմմա Մանոյանը արժանի է Գ.00.04 «Կենսաքիմիա» մասնագիտությամբ կենսաբանական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի շնորհման:

Պաշտոնական ընդդիմախոս՝
կենսաբանական գիտությունների
թեկնածու, դոցենտ

Հ. Հայրապետյան

Հ. Հայրապետյանի ստորագրության իսկությունը հաստատում եմ



ՀՀ ԳԱԱ Հ.Բունիաթյանի անվան
կենսաքիմիայի ինստիտուտի գիտքարտուղար՝
28.11.2025թ.

Հ. Հայրապետյան