



OSNOVNA ŠOLA HUDINJA

raziskovalna naloga

VPLIV NEKATERIH ABIOTSKIH
DEJAVNIKOV NA HITROST
NASTAJANJA KISIKA PRI
FOTOSINTEZI

Avtorici:

Laura Čater
Kaja Sevčnikar

Mentor:

Boštjan Štih

Celje, marec 2005

POVZETEK

V naši raziskovalni nalogi smo skušali ugotoviti vplive povečane količine ogljikovega dioksida, temperature in intenzitete osvetlitve na hitrost nastajanja kisika pri fotosintezi. Ugotovili smo, da količina ogljikovega dioksida ne igra bistvene vloge. Kisik je najhitreje nastajal pri sobni temperaturi, pri višji oz. nižji pa počasneje. Tudi intenziteta svetlobe ima pri nastajanju kisika velik pomen, kisik je najhitreje nastajal pri srednje močni osvetlitvi, pri večji oz. manjši pa počasneje.

Pri delu smo uporabljali eksperimentalne metode, literaturo in internet, pisno poročilo pa smo izdelali z računalnikom.

KAZALO

POVZETEK	2
KAZALO	3
I UVOD	4
1.1 Teoretske osnove	4
1.2 Opis raziskovalnega problema	6
1.3 Hipoteze	6
1.4 Raziskovalne metode	7
1.4.1 Ugotavljanje vpliva povečane količine ogljikovega dioksida na hitrost nastajanja kisika	8
1.4.2 Ugotavljanje vpliva temperature na hitrost nastajanja kisika	8
1.4.3 Ugotavljanje vpliva intenzitete svetlobe na hitrost nastajanja kisika	9
1.4.4 Delo z literaturo	11
1.4.5 Oblikovanje pisnega poročila	11
2 OSREDNJI DEL	12
2.1 Predstavitev raziskovalnih rezultatov	12
2.1.1 Vpliv povečane količine ogljikovega dioksida na hitrost nastajanja kisika	12
2.1.2 Vpliv temperature na hitrost nastajanja kisika	13
2.1.3 Vpliv intenzitete svetlobe na hitrost nastajanja kisika	14
2.2 Diskusija	15
3 ZAKLJUČEK	17
4 VIRI IN LITERATURA	18
4.1 Literatura	18
4.2 Internetni naslovi	18
4.3 Viri slik	18

I UVOD

Rastline in živali najbolje koristijo obilje moči Sonca in dosežajo najvišjo stopnjo v velikosti in razvoju v področju ekvatorja, kjer so sončni žarki najmočnejši, medtem ko v področjih, kjer so noči daljše ali zimski meseci daljši – kar seveda pomeni manj Sonca – življenje beleži vsem organizmom revnejši razvoj in obliko, ali odsotnost obojega.

Sončna svetloba je torej nujen faktor tako za razvoj rastlin kot tudi živali in človeka. Pod njenim vplivom rastline iz zraka vsrkavajo ogljikov dioksid ter ga skupaj z vodo pretvarjajo v kisik in hranilne snovi – sladkor in ogljikove hidrate. Ta proces se imenuje fotosinteza.

I.1 TEORETSKE OSNOVE

Fotosinteza je zapleten biokemični proces, v katerem zelene rastline iz vode in ogljikovega dioksida ter z uporabo energije sončne svetlobe pridobivajo organsko hrano. Fotosinteza poteka v posebnih celičnih organelih, ki jim pravimo kloroplasti in jih najdemo predvsem v celicah zelenih listov. V kloroplastih so klorofili – zelena barvila za absorbiranje energije sončnih žarkov. Med fotosintezo energija omogoči začetek in potek biokemičnih reakcij, v katerih iz ogljikovega dioksida in vode nastane enostavni sladkor – glukoza, ki je vir energije za vso rastlino. Stranski produkt fotosinteze je kisik, ki ga rastline med fotosintezo ne porabijo in ga oddajo v ozračje.

Fotosinteza poteka zlasti v zelenih listih, ki so po obliki in notranji zgradbi dobro prilagojeni svoji nalogi. Sploščena listna ploskev jim daje zadostno površino za absorbiranje sončne svetlobe. (Lovka, 1995)⁴

⁴ Lovka, M.: Slikovni slovar rastlin, str. 32

Znanstveniki, ki so prvi odkrili, katere snovi so potrebne za fotosintezo in katere med njo nastajajo, niso odgovorili na pomembno vprašanje: Kaj se zgodi s svetlobno energijo, ki jo rastline absorbirajo med tem procesom? Ne smemo namreč pozabiti, da energije ni mogoče ustvariti ali je uničiti. Lahko se samo spremeni iz ene oblike v drugo. Več let po odkritju fotosinteze so znanstveniki ugotovili, da organske spojine, ki nastanejo v tem procesu, vsebujejo več kemične energije kot ogljikov dioksid in voda, iz katerih so nastale. Dodatna kemična energija je lahko prišla samo iz svetlobe. Tako nam postane jasno, da je fotosinteza proces, ki spreminja svetlobno energijo v kemično.

Fotosinteza je torej most med sončno energijo in energijo, ki je potrebna za življenje na Zemlji. Nobeni drugi celični procesi razen fotosinteze ne morejo uporabljati neposredne sončne energije. Uporabljajo jo lahko še potem, ko se spremeni v kemično energijo. To spreminjanje energije opravljajo fotosintetski organizmi, ko absorbirajo sončno svetlobo in jo uporabijo za "mešanje" atomov vode in ogljikovega dioksida in za ustvarjanje novih energetsko bogatih kemičnih vezi med njimi. Proizvodi tega "mešanja" so kisik in organske spojine, ki krijejo energetske potrebe rastlin in živali. (Welch, 1974)⁶

⁶ Welch, C. A.: Razvoj življenja od molekule do človeka, str. 163.

1.2 OPIS RAZISKOVALNEGA PROBLEMA

Našo raziskovalno nalogo smo zastavili tako, da smo spremljali vpliv količine svetlobe, vpliv toplote in vpliv koncentracije ogljikovega dioksida na hitrost nastajanja kisika. Zanimala so nas naslednja raziskovalna vprašanja:

- Ali količina ogljikovega dioksida vpliva na hitrost nastajanja kisika in kako?
- Ali toplota vpliva na hitrost nastajanja kisika in kako?
- Ali količina svetlobe vpliva na hitrost nastajanja kisika in kako?

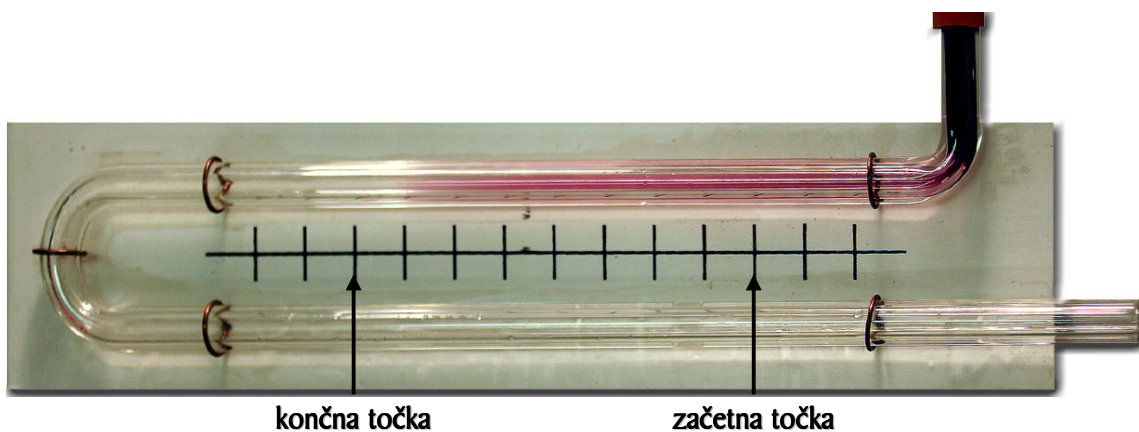
1.3 HIPOTEZE

Na podlagi raziskovalnih vprašanj smo oblikovali tri hipoteze:

- Povečana količina ogljikovega dioksida v okolici listov pospeši nastajanje kisika.
- Kisik nastaja hitreje, če je okolica rastline topla, kot pa, če je hladna.
- S povečevanjem intenzitete svetlobe se poveča hitrost nastajanja kisika.

I.4 RAZISKOVALNE METODE

Za poskus smo uporabljali zelo pogosto akvarijsko rastlino navadni rogolist - *Ceratophyllum demersum*. Poskuse smo izvajali v presesalni bučki, ki je bila nameščena v vodni kopeli in sicer tako, da smo spreminjali eno spremenljivko, dve pa pustili konstantni, kar ni bilo vedno lahko. Hkrati smo izvajali tudi kontrolni poskus. Za merjenje hitrosti nastajanja kisika smo uporabili preprosto U – cevko, ki smo jo povezali s presesalno bučko, zamašeno z zamaškom, v katerem je bila nameščena injekcijska brizgalka. V U–cevko smo dali malo glicerola, obarvanega z živilskim barvilom. V bučki je nastajal kisik in povečan tlak je potisnil glicerol po U-cevki. Na skali U-cevke smo označili začetno in končno točko ter merili čas, ki je bil potreben, da je nastalo toliko kisika, da se je cona glicerola premaknila od začetne do končne točke. Namen injekcijske brizgalke je bil samo ta, da smo v bučki pred začetkom poskusa vzpostavili majhen podtlak, ki je povzročil, da se je cona glicerola spet premaknila na začetno točko. Poudarjamo pa, da ta metoda ne more biti popolnoma natančna, saj se nekaj kisika porabi za dihanje rastline, prav tako pri dihanju nastaja tudi nekaj ogljikovega dioksida. Prav tako je bilo treba med posameznimi poskusi veliko čakati, da se je rastlina privadila na nove pogoje. Treba je namreč omeniti, da smo vedno uporabljali isto rastlino. Težavo nam je povzročal tudi pojav, da se toplemu zraku prostornina poveča, kar je včasih motilo meritev. Zato smo vedno čakali, da se je temperatura zraka v bučki ustalila na želeno, ker sicer ne bi vedeli, ali pretakanje glicerola v U-cevki povzroča nastajajoči kisik ali zrak, ki se zaradi segrevanja razteza, oz. krči pri ohlajanju, kar tudi moti meritev.



Slika 1: U – cevka, ki smo jo uporabljali za merjenje.

I.4.1 UGOTAVLJANJE VPLIVA POVEČANE KOLIČINE OGLJIKOVEGA DIOKSIDA NA HITROST NASTAJANJA KISIKA

V presesalno bučko smo nalili 100 mL 5 % raztopine NaHCO_3 . NaHCO_3 predstavlja vir ogljikovega dioksida. Vanjo smo dali rastlino, bučko zamašili in namestili v vodno kopel pri 25° C. S termometrom smo merili temperaturo raztopine NaHCO_3 tako dolgo, da se je ustalila na 25° C. Potem smo počakali še 5 minut, da se je tudi temperatura zraka v bučki ustalila na 25° C. Presesalno bučko smo z gumijasto cevko povezali z U-cevko. Merili smo čas, ki je bil potreben, da je nastalo toliko plina (kisika), da se je cona glicerola pomaknila iz začetne do končne točke. Poskus smo izvajali pri konstantni osvetljenosti (dnevna svetloba). Kontrolni poskus smo izvajali enako s to razliko, da rastline nismo dali v raztopino NaHCO_3 , pač pa v postano destilirano vodo.

I.4.2 UGOTAVLJANJE VPLIVA TEMPERATURE NA HITROST NASTAJANJA KISIKA

V presesalno bučko smo nalili 100 mL postane destilirane vode. Vanjo smo dali rastlino, bučko zamašili in namestili v vodno kopel pri 10° C. Vodno kopel smo hladili s snegom. S termometrom smo merili temperaturo vode tako dolgo, da se je ustalila na 10° C. Potem smo počakali še tako dolgo, da se je tudi temperatura zraka v bučki ustalila na 10° C. Presesalno bučko smo z gumijasto cevko povezali z U-cevko. Čas smo začeli meriti, ko v bučki ni bilo več podtlaka zaradi krčenja zraka pri ohlajanju. Merili smo čas, ki je bil potreben, da je nastalo toliko plina (kisika), da se je cona glicerola pomaknila iz začetne do končne točke. Poskus smo izvajali pri konstantni osvetljenosti (dnevna svetloba). Poskus smo ponovili pri temperaturi 40° C. Kot kontrolni poskus smo šteli predhodnega, ki smo ga izvajali v vodi, pri temperaturi 25° C.



Slika 2: Vodna kopel, hlajena s snegom.

I.4.3 UGOTAVLJANJE VPLIVA INTENZITETE SVETLOBE NA HITROST NASTAJANJA KISIKA

V presesalno bučko smo nalili 100 mL postane destilirane vode. Vanjo smo dali rastlino, bučko zamašili in namestili v vodno kopel pri 25° C. S termometrom smo merili temperaturo vode tako dolgo, da se je ustalila na 25° C. Potem smo počakali še tako dolgo, da se je tudi temperatura zraka v bučki ustalila na 25° C. Presesalno bučko smo z gumijasto cevko povezali z U-cevko. 50 cm od kopeli na desni strani smo namestili električni reflektor, moči 300 W, ki smo ga priključili na zatemnilno stikalo in na tak način uravnavali električno napetost in s tem svetilnost reflektorja. Na nasprotni strani, 10 cm levo od kopeli pa smo namestili fotocelico, ki »proizvaja« električni tok, če nanjo pade svetloba. Ker je svetilnost zelo težko meriti in nastavljanje, smo ubrali drugačno pot. Svetilnost smo uravnavali glede na napetost, ki je nastala na fotocelici, kot posledica vpadle svetlobe. Zato bomo tudi podatke prikazali glede na napetost na fotocelici. Napetost smo merili z univerzalnim instrumentom, ki ga sicer uporabljamo pri električnih meritvah.

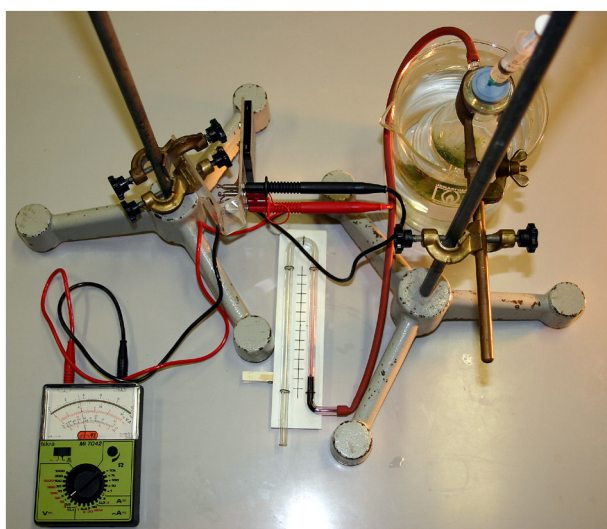
Ker reflektor poleg svetlobe seva zelo veliko toplote smo pazili, da se temperatura vodne kopeli ni spreminjala. Uravnavali smo jo z dolivanjem hladne vode.

Hitrost nastajanja kisika smo merili podobno, kot je opisano pri prejšnjih poskusih. Začeli smo z osvetljenostjo, kjer smo na fotocelici odčitali napetost 0,2 V in končali pri osvetljenosti, ko je bila napetost na fotocelici 0,45 V. Vmes smo osvetljenost povečevali tako, da se je napetost na fotocelici povečevala za 0,05 V. Potem, ko smo povečali osvetljenost smo vedno počakali 5 min, da se je rastlina prilagodila na nove razmere.

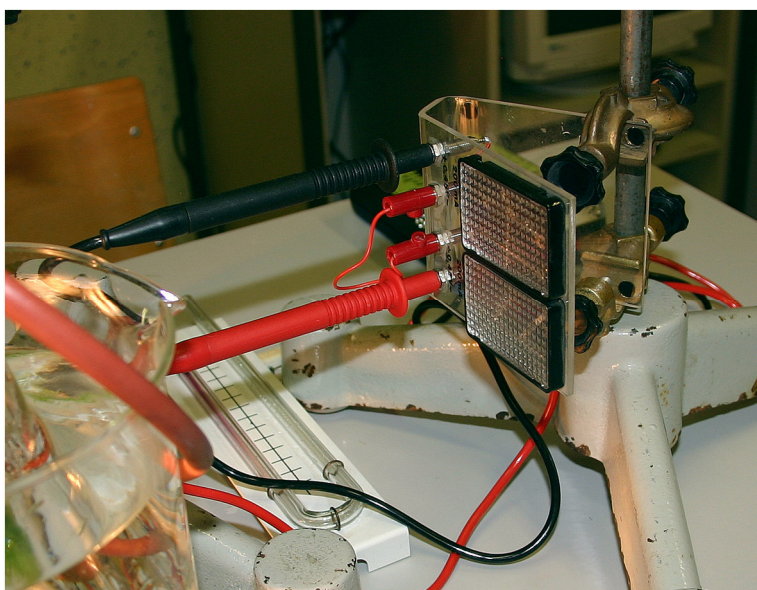
Kontrolni poskus smo izvajali enako, s to razliko, da smo presesalno bučko, v kateri je bila rastlina, ovili v alufolijo.



Slika 3: Sestavljena aparatura za merjenje vpliva svetlobe.



Slika 4: Merilni del aparature



Slika 5: Fotocelica.

I.4.4 DELO Z LITERATURO

Literature v zvezi z našim raziskovalnim problemom je kar nekaj, prav tako na internetu obstaja kar precej spletnih strani o fotosintezi. Težava je bila, ker je večina virov v tujih jezikih in smo imeli nekaj težav pri prevajanju.

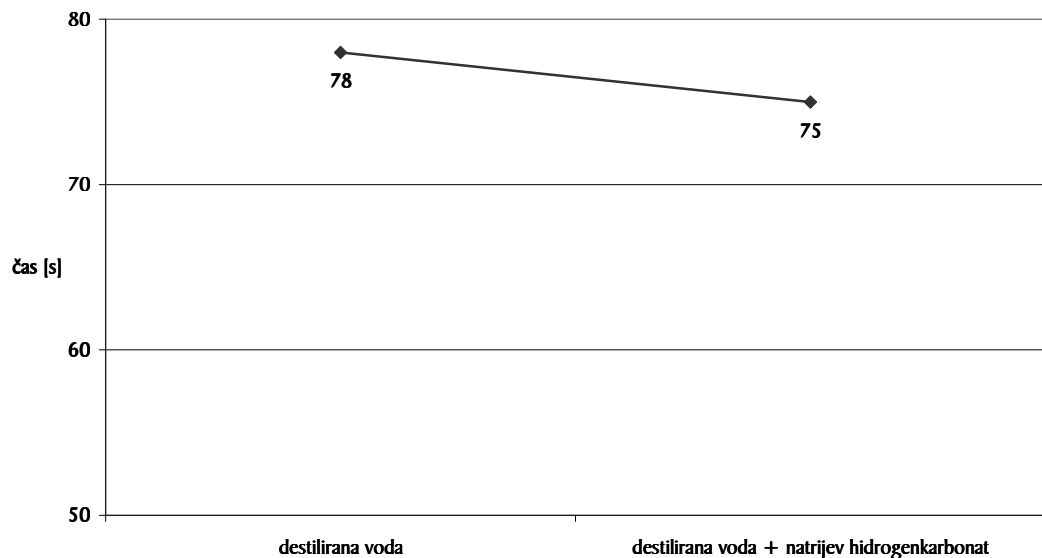
I.4.5 OBLIKOVANJE PISNEGA POROČILA

Pisno poročilo smo oblikovali z računalnikom, s programom MS Word 2003. Grafikoni so izdelani s programom MS Excel 2003. Fotografije smo izdelali z digitalnim fotoaparatom Canon EOS 300D z objektivom Sigma 20-55 ob uporabi bliskavice. Fotografije smo prenesli na računalnik in jih dodatno obdelali s programom Adobe Photoshop Elements 2.0.

2 OSREDNJI DEL

2.1 PREDSTAVITEV RAZISKOVALNIH REZULTATOV

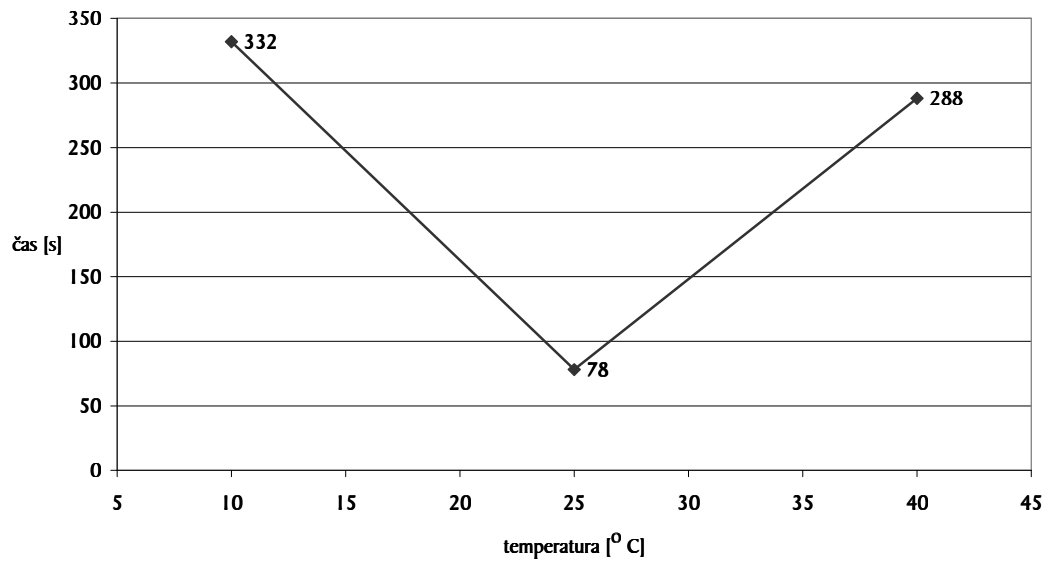
2.1.1 VPLIV POVEČANE KOLIČINE OGLJIKOVEGA DIOKSIDA NA HITROST NASTAJANJA KISIKA



Grafikon 1: Odvisnost časa nastajanja kisika od količine ogljikovega dioksida

Kot je razvidno iz grafikona, je čas ki je bil potreben za nastanek enake količine kisika približno enak, ko je bila rastlina v vodi, brez dodanega NaHCO_3 in ko je bila v raztopini NaHCO_3 . Iz tega lahko sklepamo, da povečana količina ogljikovega dioksida ne vpliva pomembno na hitrost nastajanja kisika.

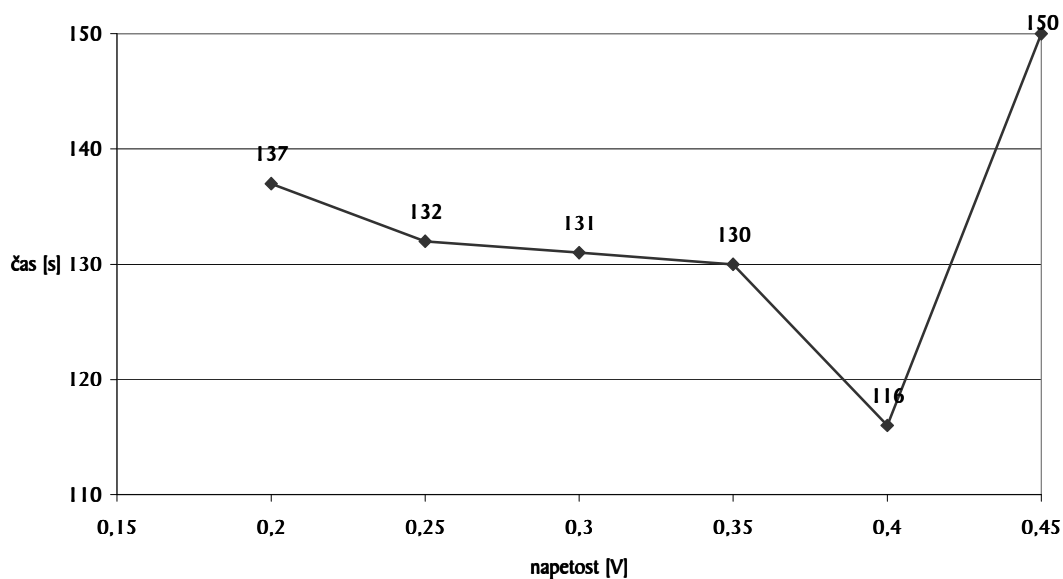
2.1.2 VPLIV TEMPERATURE NA HITROST NASTAJANJA KISIKA



Grafikon 2: Odvisnost časa nastajanja kisika od temperature okolice

Kot je razvidno iz grafikona, je čas ki je bil potreben za nastanek enake količine kisika najkrajši pri temperaturi 25° C. Iz tega lahko sklepamo, da fotosinteza pri tej srednji temperaturi poteka hitreje kot pa pri 10° C in 40° C. Ne moremo pa iz teh podatkov trditi, da kisik najhitreje nastaja pri 25° C oz., da je to optimalna temperatura za potek fotosinteze. Če bi hoteli določiti optimalno temperaturo, bi morali poskus izvajati pri različnih temperaturah z majhnim intervalom. Ker pa je optimalna temperatura verjetno odvisna tudi od vrste rastline, iz tega ne bi mogli izpeljati kakšne posplošitve.

2.1.3 VPLIV INTENZITETE SVETLOBE NA HITROST NASTAJANJA KISIKA



Grafikon 3: Odvisnost časa nastajanja kisika od napetosti na fotocelici, ki je posledica različne osvetljenosti

Iz grafikona je razvidno, da osvetljenost pomembno vpliva na hitrost nastajanja kisika. Kisik najhitreje nastaja pri srednje močni osvetlitvi, t.j. ko je bila napetost na fotocelici 0,4 V. Če osvetlitev zmanjšamo – posledično se zniža napetost na fotocelici – se nastajanje kisika tudi upočasni. Zelo močna osvetlitev pa fotosintetsko aktivnost prav tako upočasni.

Pri kontrolnem poskusu nismo zasledili fotosintetske aktivnosti pri nobeni osvetlitvi in teh podatkov tudi ne prikazujemo v zgornjem grafikonu.

2.2 DISKUSIJA

»Ugotovil sem, da rastline niso samo sposobne, da izboljšajo slab zrak v šestih ali desetih dneh s tem, da rastejo v njem, temveč da lahko popolnoma opravijo to pomembno delo v nekaj urah; da ta čudoviti postopek ne nastaja zaradi vegetiranja rastline, temveč zaradi vpliva sončne svetlobe na rastlino,« je Ingenhousz opisal svoje odkritje vloge svetlobe pri fotosintezi davnega leta 1779. (Welch, 1974)⁶

V naši raziskovalni nalogi smo ugotavljali vpliv količine ogljikovega dioksida, vpliv temperature ter vpliv osvetlitve na hitrost nastajanja kisika pri fotosintezi. Pri delu smo se opirali na eksperimentalne podatke, ki smo jih pridobili. Oblikovali smo tri hipoteze.

V prvi hipotezi trdimo, da povečana količina ogljikovega dioksida v okolici listov pospeši nastajanje kisika. Pri oblikovanju te hipoteze smo se opirali na zakon o vplivu koncentracij. Če povečamo koncentracijo reaktantov se bo povečala koncentracija produktov ob isti ravnotežni konstanti. (Lazarini, 1989)³ Ta zakon pa ne omenja vpliva koncentracij reaktantov na hitrost. Izkazalo se je, da je bila naša hipoteza napačna in jo moramo zato ovreči. Kisik, ki nastaja pri fotosintezi namreč ne izvira iz ogljikovega dioksida, pač pa iz vode. To je leta 1930 dokazal ameriški znanstvenik C. B. van Niel. (Welch, 1974)⁶

Druga hipoteza pravi, da kisik nastaja hitreje, če je okolica rastline topla, kot pa če je hladna. Iz naših poskusov, katerih rezultate prikazuje grafikon 2 je razvidno, da to drži do neke mere. V hladni vodi, je kisik nastajal zelo počasi, prav tako počasi je nastajal pri višji temperaturi. Kot navaja Welch (1974)⁶ večina kemijskih reakcij v danes živečih organizmih poteka v ozkem temperaturnem obsegu. Te temperature pa niso dovolj visoke, da bi lahko dale aktivacijsko energijo, ki je potrebna za večino reakcij. Biologi so odkrili, da skoraj vse kemijske reakcije v živih organizmih potekajo s pomočjo encimov. Ker so encimi beljakovinske molekule se pri višjih temperaturah spremeni njihova struktura in postanejo neaktivni. Tako lahko razložimo upočasnitev nastajanja kisika pri povišani temperaturi. Tayama (1988)⁷ navaja, da je za tehnologijo gojenja rastlin pomembnejši podatek nočna in ne dnevna temperatura. V rastlinjakih, ki so opremljeni z računalniki in senzorji za zaznavanje mikroklimatskih dejavnikov, se lahko na podlagi dobljenih podatkov oceni intenzivnost fotosinteze. Fonteno (1992)⁷ je tako

⁶ Welch, C. A.: Razvoj življenja od molekule do človeka, str. 158.

³ Lazarini, F., Brenčič, J.: Splošna in anorganska kemija, str. 196

⁶ Welch, C. A.: Razvoj življenja od molekule do človeka, str. 171

⁶ Welch, C. A.: Razvoj življenja od molekule do človeka, str. 137

⁷ <http://www.beepworld.de/members79/izbran/index.htm>

ugotovil, da so v razmerah intenzivne dnevne svetlobe optimalne dnevne temperature od 20 do 24° C, v pogojih nizke intenzitete svetlobe pa že nad 18° C. Že leta 1905 pa je angleški znanstvenik F. Blackman odkril, da ima naraščanje temperature velik vpliv na fotosintezo pri višji svetlobni jakosti, pri nižji pa praktično ne. (Welch 1974)⁶.

V tretji hipotezi smo napovedali, da se s povečevanjem intenzitete svetlobe poveča hitrost nastajanja kisika. To hipotezo lahko potrdimo, kar potrjujejo podatki iz grafikona 3. Tako kot pri drugi hipotezi pa tudi to velja do neke meje, saj se je hitrost nastajanja kisika pri največji osvetlitvi ponovno zmanjšala. Kot navaja Welch (1974)⁶ je Blackman odkril, da se pri sorazmerno majhnih intenzitetah, s povečevanjem svetlobne jakosti, v resnici poveča hitrost fotosinteze. Pri večjih intenzitetah pa se hitrost fotosinteze ne poveča čez določeno raven. Nadaljnje povečevanje svetlobne jakosti ne vpliva na fotosintezo. Zakaj se je hitrost nastajanja kisika pri največji intenziteti zmanjšala, ne znamo razložiti. Lahko, da premočna svetloba poškoduje fotosintetske pigmente. To bi lahko preverili tako, da bi intenziteto svetlobe zmanjšali in ugotavljali ali fotosinteza še poteka.

⁶ Welch, C. A.: Razvoj življenja od molekule do človeka, str. 164

3 ZAKLJUČEK

Fotosinteza je eden najpomembnejših procesov, ki poteka pri rastlinah in je zaradi svojih produktov pomemben za večino živih bitij našega planeta.

V naši raziskovalni nalogi smo se samo dotaknili delčka tega čudovitega procesa, od katerega smo vsi odvisni. Sicer pa je to proces, ki še ni docela pojasnjen in ga danes raziskuje veliko znanstvenikov.

Pri delu nismo imeli večjih težav. Sicer smo raziskavo najprej načrtovali tako, da smo šteli mehurčke kisika, ki so izhajali iz narezanih stebelc navadnega rogolista, a se je ta metoda izkazala za nenatančno, saj je bilo natančno štetje skoraj nemogoče.

Smo se pa naučili nekaj novega, predvsem pa pridobili nekaj eksperimentalnih veščin.

4 VIRI IN LITERATURA

4.1 LITERATURA

1. Gates, P.: Naravna tehnologija, Tehniška založba Slovenije, Ljubljana 1999.
2. Gogala, N.: Življenje iz zraka in svetlobe – CD, Zavod za šolstvo republike Slovenije, Ljubljana 2000.
3. Lazarini, F., Brenčič, J.: Splošna in anorganska kemija, DZS, Ljubljana 1989.
4. Lovka, M. Slikovni slovar rastlin, Mladinska knjiga, Ljubljana 1995.
5. Kordiš, T.: Živim z naravo, Modrijan, Ljubljana 1996.
6. Welch, C. A.: Razvoj življenja od molekule do človeka, Državna založba Slovenije, Ljubljana 1974.

4.2 INTERNETNI NASLOVI

7. <http://www.beeppworld.de/members79/izbran/index.htm>
8. <http://photoscience.la.asu.edu/photosyn/education/photointro.html>
9. <http://biology.clc.uc.edu/courses/bio104/photosyn.htm>

4.3 VIRI SLIK

Vse slike in grafikoni so avtorski.