

Streszczenie

Spektroskopowe i strukturalne badania organizacji molekularnej kompleksu barwnikowo-białkowego LHCII w środowisku lipidowym

Powszechnie wiadomo, że fotosynteza tlenowa jest jedną z najważniejszych przemian biochemicznych na Ziemi. W reakcjach fotosyntezy energia promieniowania elektromagnetycznego zostaje zamieniona na energię wiązań chemicznych, która może być wykorzystana przez wszystkie żyjące organizmy. Ponadto, proces fotosyntezy dostarcza do atmosfery tlen cząsteczkowy.

Fotosyntetyczne kompleksy barwnikowo-białkowe działają z wyjątkowo wysoką wydajnością kwantową. W ostatnich latach ugruntował się pogląd, że nie tylko podstawowe procesy fotokonwersji są kluczowe dla wysokiej wydajności fotosyntezy, ale także procesy regulujące, które dostosowują liczbę wzbudzeń, w szybko zmieniających się warunkach oświetlenia, do bieżącego zapotrzebowania aparatu fotosyntetycznego na energię. W ciągu ostatniej dekady szczególną uwagę przyciągnęły procesy szybkiej i odwracalnej regulacji, które przejawiają się gaszeniem fluorescencji barwników związanych w kompleksach fotosyntetycznych. Zjawiska te są nazywane gaszeniem niefotochemicznym (NPQ, ang. Non-photochemical Quenching). Jak dotąd, zaproponowano kilka mechanizmów molekularnych działania NPQ, które polegają głównie na zmianach sterycznych w obrębie kompleksu LHCII, umożliwiających oddziaływanie ekscytonowe pomiędzy barwnikami związanymi w kompleksie lub należącymi do sąsiednich kompleksów (Holt et al., 2005; Horton et al., 2005; Pascal et al., 2005; Avital et al., 2006). Mechanizmy te mogą zarówno wzajemnie się wykluczać jak i współistnieć ze sobą. Cechą wspólną wszystkich mechanizmów regulacyjnych jest ich aktywacja w odpowiedzi na stosunkowo wysokie (w odniesieniu do poziomu nasycenia fotosyntezy) natężenia światła oraz odwracalność procesu gaszenia.

W niniejszej pracy przedstawione zostaną wyniki badań dotyczące wpływu fosforylacji kompleksu LHCII na organizację molekularną błon lipidowo-białkowych oraz na gaszenie wzbudzeń nadmiarowych w tychże błonach. W badaniach wykorzystano wielodwuwarstwy lipidowe, formowane z lipidów chloroplastowych, modyfikowane kompleksem w formie nieufosforylowanej (izolowanym z zaciemnianych liści szpinaku) oraz ufosforylowanej (izolowanym z oświetlanych liści szpinaku). Uzyskane wielodwuwarstwy lipidowo-białkowe stanowiły prosty, modelowy układ błony tylakoidu odpowiednio w warunkach optymalnego oświetlenia oraz w warunkach stresu świetlnego. Wyniki pomiarów wskazują, że oba typy kompleksów tworzą struktury zagregowane, charakteryzujące się odmiennymi własnościami spektroskopowymi. Przeprowadzone badania wykazały, że proces fosforylacji białek antenowych oraz ich reorganizacja w błonach tylakoidów stanowią mechanizm regulujący formowanie gran z pojedynczych dwuwarstw lipidowo-białkowych. Fosorylacja LHCII ułatwia tworzenie struktur zagregowanych zdolnych do gaszenia wzbudzeń nadmiarowych w procesie bezpromienistego rozpraszania energii wzbudzenia. W oparciu o wyniki przeprowadzonych badań stworzono model błony tylakoidów w warunkach optymalnego oświetlenia oraz w warunkach stresu świetlnego.

Badania nad wpływem fosforylacji oraz obecności barwników cyklu ksantofilowego na organizację molekularną kompleksu LHCII doprowadziły do wniosków, że zarówno zeaksantyna, jak i ujemnie naładowane grupy fosforanowe przyłączone do kompleksu prowadzą do monomeryzacji trimerycznej struktury LHCII. Ponieważ fosforylacja, jak i cykl ksantofilowy zależą od natężenia światła, postulowano, że proces monomeryzacji LHCII może stanowić jeden z mechanizmów regulujących „gęstość” wzbudzeń w układzie kompleksów antenowych. Hipotezę tę popierają badania spektroskopowych właściwości trimerów i monomerów LHCII, które wykazały, że trimeryczna forma kompleksu charakteryzuje się wysoką wydajnością przekazywania energii wzbudzenia elektronowego i jest znakomicie przystosowana do pełnienia funkcji antenowej w aparacie fotosyntetycznym. Forma monomeryczna kompleksu charakteryzuje się natomiast wyższą wydajnością rozpraszania energii wzbudzenia i niższą sprawnością w międzycząsteczkowym transferze energii wzbudzenia elektronowego.

W warunkach fizjologicznych aparat fotosyntetyczny roślin jest narażony na szybkie i znaczące zmiany natężenia światła. Skuteczna adaptacja do tych zmian gwarantuje wysoką wydajność fotosyntezy i chroni aparat fotosyntetyczny przed uszkodzeniami w wyniku fotooksydacji. Wzrost liczby padających kwantów, przy niskich natężeniach światła, również

wymaga działania mechanizmów, których zadaniem jest dostosowanie gęstości wzbudzeń do pojemności aparatu fotosyntetycznego. W niniejszej pracy zostaną przedstawione mechanizmy molekularne, funkcjonujące *in vivo* w warunkach słabego oświetlenia, które opierają się na przebudowie struktury tylakoidów gran oraz częściowym osłabieniu transferu energii wzbudzenia w układzie anten fotosyntetycznych. Ten nowo obserwowany mechanizm może odgrywać istotną rolę w regulacji gęstości wzbudzeń w układzie kompleksów antenowych w błonach tylakoidów chloroplastów, przy niskim natężeniu światła.

10.06.2015

Janusz Bednarski