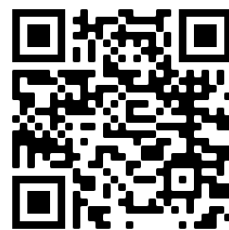


Structural Entities Associated with Different Lipid Phases of Plant Thylakoid Membranes—Selective Susceptibilities to Different Lipases and Proteases

Ondřej Dlouhý, Václav Karlický, Uroš Javornik, Irena Kurasová, Ottó Zsiros, Primož Šket, Sai Divya Kanna, Kinga Bőde, Kristýna Večeřová, Otmar Urban, Edward S. Gasanoff, Janez Plavec, Vladimír Špunda, Bettina Ughy and Győző Garab

Cells 2022, 11(17), 2681;

<https://doi.org/10.3390/cells11172681>



Čím je tylakoidní membrána mimořádná?

Tylakoidní membrána slouží především k rozdělení dvou vodných prostředí, kde v jednom prostředí se činností fotosyntézy koncentrují protony a v druhém prostředí elektrony. Tento rozdíl elektrického potenciálu a kyselosti prostředí je stává dočasným úložištěm energie (podobně jako akumulátor), která je následně převedena na energii uloženou v chemických látkách – např. cukr a škrob. Tylakoidní membrána je, podobně jako ostatní biologické membrány, tvořena lipidy, které se skládají z hydrofilní hlavičky a hydrofobního ocasu. Nachází-li se tyto lipidy ve vodě, tvoří tzv. dvouvrstvu (viz Obr. 1). Nicméně, tylakoidní membrány jsou zhruba z 50 % tvořeny nedvouvrstevnými lipidy – takovými, které ve vodě netvoří dvouvrstvu, ale jiné lipidové struktury (Obr. 1). Přítomnost takovýchto struktur by ale neumožňovala udržení protonů a elektronů na opačných stranách membrány, podobně jako by děravá hráz neudržela napuštěnou přehradu.

Nyní jsme zjistili, že

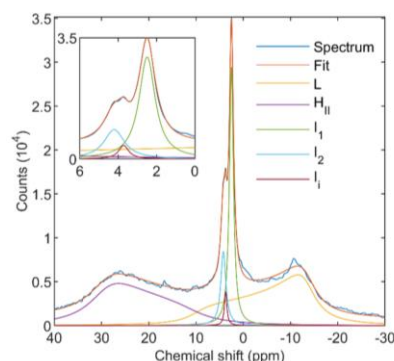
- jeden druh lipidových fází, tzv. izotropní, je silně náchylný k poškození vlivem nespecifické lipázy a navíc poškození těchto lipidových fází nijak neovlivní funkci fotosyntézy. Tyto informace znamenají, že izotropní lipidové fáze je v místech tylakoidní membrány, kde se nenachází proteiny fotosyntetického aparátu a pravděpodobně vzniká při fúzi a větvení membrán.

- všechny lipidové fáze jsou náchylné k poškození vlivem fosfolipázy, tj. lipázy specificky napadající fosfolipidy. Úbytek všech lipidových fází byl, dle očekávání, doprovázen poklesem funkce fotosyntetického aparátu, resp. sledovaných parametrů fotosyntézy (pokles aktivity fotosystému II, výrazný nárůst propustnosti tylakoidní membrány až neschopnost vzniku rozdílu iontů v obou prostředích, změny v rozložení proteinů fotosyntetického aparátu zabudovaných v membráně a tím i změny v distribuci excitační energie).

- tzv. invertovaná hexagonální fáze (H_{II}) je navíc náchylná k poškození účinkem proteázy. Jelikož substrátem pro proteázy jsou pouze proteiny, ukazují tato data na úzké propojení H_{II} lipidové fáze s prozatím neurčeným proteinem. Který protein to je, jakým způsobem a proč spolu interagují, a jakou mají nedvouvrstevné lipidové fáze funkci a úlohu ve fotosyntéze bude předmětem dalšího bádání.

Lipidové fáze v tylakoidní membráně

V roce 2008 bylo pomocí metody ^{31}P -NMR (jednorozměrná magnetická rezonance jader atomů fosforu, které jsou součástí lipidů fosfatidyl glycerolu) prokázáno, že tylakoidní membrány se skládají nejen z lipidové dvouvrstvy, ale také alespoň tři dalších nedvouvrstevných fází. Prozatím jsme byli schopni relativně detailně jednotlivé lipidové fáze pomocí magnetické rezonance rozlišit a určit, že tyto lipidové fáze (i) regulují aktivitu enzymu violaxantin-deepoxidáza, který se účastní ochranných procesů, (ii) značně navyšují propustnost tylakoidní membrány, (iii) značně narůstají s rostoucí teplotou.



Obr. 2: Typické ^{31}P -NMR spektrum s matematickým rozložením spektra na jednotlivé komponenty – lipidové fáze.

Obr. 1: Vybrané lipidové fáze. Nahoře: nedvouvrstevné; dole: dvouvrstevné

