LAI wskaźnik stopnia ulistnienia rośliny

Wstęp

Wskaźnik powierzchni liści LAI- ulistowienia (Leaf Area Index) [m^2/m^2] jest zdefiniowany geometrycznie **jako całkowity rzut pionowy jednostronnej powierzchni tkanki funkcjonalnej fotosyntetycznie (liści) na jednostkę powierzchni podłoża** (gleby, gruntu) nad którą się znajdują. LAI nazywany jest również powierzchnią projekcyjną liści.

Wskaźnik LAI jest wskaźnikiem architektury łanu roślin uprawnych i miarą opisującą strukturę roślinności w ekosystemie, która zależy od położenia, ukierunkowania, wielkości i kształtu zielonych organów wegetatywnych. LAI służy do określenia wielkości jednostronnej powierzchni liści w ekosystemie, która odgrywa podstawową rolę procesach fotosyntezy, oddychania, transpiracji, intercepcji opadów i innych procesach, które uzależniają roślinność od czynników klimatu, warunkując produkcję pierwotną, wielkość plonów i równowagę energetyczną pomiędzy ekosystemami i atmosferą.

LAI pojawia się jako kluczowa zmienna w wielu modelach matematycznych opisujących produktywność ekosystemów i modelujących cykle biogeochemiczne takie jak cykl krążenia węgla i obieg wody w środowisku oraz cykle klimatyczne. Jest bowiem wskaźnikiem dobrze reprezentującym zmiany powierzchni asymilacyjnej w trakcie rozwoju roślin, zarówno w warunkach zmieniającego się klimatu w skali globalnej jak i w niekorzystnych czyli stresowych warunkach środowiska w skali lokalnej. LAI może przyjmować wartości od 0 na terenach pozbawionych roślinności do 6 w wielopiętrowym, gęstym lesie.

Przykładowe wielkości wskaźnika LAI przedstawione są w tabeli.

Gatunek lub ekosystem	Faza rozwojowa	LAI	Źródło
Wierzba energetyczna (*Salix viminalis*)	kwitnienie , wysokość ok. 2m, 6 pędów	5.4	Kiełbasa P, Juliszewski T, 2005, Inżynieria Rolnicza 14:169-
Koniczyna czerwona (*Trifolium pratense*)	kwitnienie	3.4	Kiełbasa P, Juliszewski T, 2005, Inżynieria Rolnicza 14:169
Ziemniak (*Solanum tubersum*)	kwitnienie	1.3	Kiełbasa P, Juliszewski T, 2005, Inżynieria Rolnicza 14:169
Bobik (*Vicia faba*)	kwitnienie	4.3	Kiełbasa P, Juliszewski T, 2005, Inżynieria Rolnicza 14:169
Łęg wierzbowy *(Salicetum triandrioviminalis)*	średnio w okresie wegetacji	1.99	Leśny J, Szoszkiewicz K, Juszcza R, Olejnik J, Serba T, 2007. Acta Agrophysica 9(3):673

Metody pomiaru powierzchni liści i wskaźnika LAI

Bezpośrednia metoda destrukcyjna: wszystkie rośliny (o niezbyt dużej wysokości) z poletka eksperymentalnego (o niewielkiej powierzchni) są całkowicie pozbawiane liści (defoliowane) i powierzchnia każdego pojedynczego liścia jest mierzona a pomiary są sumowane. Metoda jest dosyć dokładna, ale bardzo pracochłonna, kosztowna, niemożliwa do zastosowania w trudnych warunkach terenowych i w badaniach długoterminowych. Liście mogą być też zbierane podczas jesiennej abscysji i ich powierzchnia jest określana grawimetrycznie lub planimetrycznie.
Bezpośrednia nie destrukcyjna metoda oparta o pomiar wymiarów liniowych liścia: stosowana dla niewielkich i niezbyt licznych roślin np. w doświadczeniu wazonowym w szklarni. Polega na znalezieniu zależności matematycznej pomiędzy długością (D) i szerokością (S) liścia lub ich iloczynem (S x L) a powierzchnią liści (P). Pomiar jest wykonywany wielokrotnie na tych samych roślinach i może być podstawą do wyliczenia zmian wskaźnika LAI w okresie wegetacyjnym. Korelacji wymiarów z powierzchnią dokonuje się za pomocą analizy regresji (Blanco FF, Folegatti MV, 2003. A new method for estimating the leaf area index of cucumber and tomato plants. Horticultura Brasileira 21(4): 666-669; Leroy,Saint-Andre, Auclair, 2007. Practical methods for non-destructive measurement of tree leaf area. Agroforest Syst 71:99–108).
Pośrednie miejscowe metody optyczne, **fotograficzne i radiometryczne**: wykorzystuje się w nich empiryczną zależność pomiędzy ilością tkanki fotosyntetycznej w warstwie łanu roślin i przenikaniem bezpośredniego i/lub rozproszonego promieniowania słonecznego przez tę warstwę do poziomu podłoża, opisaną przez równanie Monsi and Saeki (1953). Metody te dzieli się na lokalne i zdalne.
Pomiaru lokalnego dokonuje się za pomocą przyrządów pomiarowych o nazwie LAI`ometr. Łatwiejszy i dokładniejszy pomiar tym przyrządem uzyskuje się dla traw i upraw polowych niż dla drzew. Pomiary LAI w roślinności zielnej wskazują rzeczywistą powierzchnię listowia natomiast w przypadku krzewów i drzew mierzona jest nie tylko powierzchnia listowia, ale dodatkowo powierzchnia części zdrewniałych. Dlatego w przypadku krzewów i drzew wyznaczenie LAI dla listowia, wymaga pomiarów latem (LAIl) i zimą (LAIz). Różnica pomiędzy LAIl (drzew ulistnionych) a LAIz (drzew bezlistnych) może być traktowana jako rzeczywisty wskaźnik LAI. (Leśny J, Szoszkiewicz K, Juszcza R, Olejnik J, Serba T, 2007. Acta Agrophysica 9(3):673). Powierzchnię igieł drzew iglastych określa się zwykle jako połowę powierzchni blaszek liściowych. Oceny LAI w lasach dokonuje się jednak raczej metodą fotografii hemisferycznej.
Pośrednie optyczne metody zdalne opierają się na pomiarze światła odbitego od łanu roślin w przedziale długości fali z zakresu czerwieni i bliskiej podczerwieni. LAI szacuje się na podstawie zdjęć lotniczych i satelitarnych. Oszacowanie LAI na podstawie powszechnie stosowanych spektralnych wskaźników stanu roślinności, takich jak indeks wegetacyjny NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) i SR (Simple Ratio), obarczone jest jednak dużym błędem. Większą przydatność do tego celu wykazuje wskaźnik SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) (Uździcka B, Juszczak R, Sakowska K, Olejnik J, 2012. Woda-Śrdowisko-Obszary Wiejskie t. 12 z. 2,38:284).
Metoda planimetryczna pomiaru powierzchni liści przy użyciu przenośnego, polowego miernika powierzchni liści LI-3000C Portable Leaf Area Meter, firmy LICOR, USA
Głowica skanera powierzchni liści umożliwia pomiar przyżyciowy, nie destrukcyjny, na roślinie. Liść umieszcza się w otwartej głowicy, tak, aby przewód kodujący był położony nieruchomo u podstawy liścia. Po zamknięciu liścia w głowicy wciska się przycisk uruchamiający zapis i przesuwa się głowicę skanera wzdłuż całej powierzchni liścia, do końca blaszki. Skaner rejestruje wtedy wielkość powierzchni, długość, średnią szerokość i

maksymalną szerokość liścia. Wyniki pomiarów mogą być odczytane na przenośnym rejestratorze lub, po użyciu odpowiedniego programu, z ekranu komputera.

Metoda planimetryczna pomiaru powierzchni liści przy użyciu laboratoryjnego aparatu LI-3050C Transparent Belt Conveyor Accessory firmy LICOR, USA

Przed przystąpieniem do pomiaru należy sprawdzić, czy przezroczyste pasy przenośnika, pomiędzy które wkłada się liście, są czyste. Pasy przemywa się po ich zdjęciu z obudowy wodą z detergentem. Nie wolno używać do tego celu rozpuszczalników organicznych. Głowica skanera miernika powierzchni liści LI-3000C jest umieszczana w aparacie, tak, że obejmuje dolny i górny pas transmisyjny, przesuwające się ze stałą prędkością. Konsola rejestratora jest podłączona do aparatu. Odcięte liście układa się do pomiaru na dolnym pasie transmisyjnym a górny pas dociska je z odpowiednią siłą do dolnego, wyrównując ich powierzchnię. Umożliwia to pomiar różnych co do wielkości, kształtu i stopnia zwijania się typów liści. Przesuwanie się pasów transportuje liść pod źródło światła fluorescencyjnego w głowicy. Rzut cienia liścia jest odbierany przez system luster, przekazywany do kamery i rejestrowany w formie elektronicznej. Wynik pomiaru jest sumowany w sposób ciągły i wyświetlany na rejestratorze planimetru lub ekranie komputera w cm^2. Nowy pomiar wykonywany jest po skasowaniu poprzedniego wyniku.

Metoda pomiaru LAI przy użyciu urządzenia LAI-2000 (firma LI-COR, Lincoln, Nebraska).

Przyrząd ten analizuje rozproszone niebieskie promieniowanie słoneczne. Jest ono mierzone pod pięcioma kątami widzenia jednocześnie, co pozwala na obliczenie powierzchni liści, wskaźnika LAI i średniego kąta nachylenia liści (Mean Tip Angle MTA).

Wskaźnik **ulistowienia** LAI wyznacza się w serii pomiarów. Pierwszy pomiar przeprowadzany jest w odkrytym terenie lub ponad roślinnością, tak aby w polu widzenia czujnika optycznego znajdowało się wyłącznie niebo, najlepiej bezchmurne (pomiar „nad”). Czujnik światła znajduje się w pozycji równoległej do podłoża (wg. wbudowanej poziomicy). Pomiar „nad” stanowi punkt odniesienia przed pomiarem „pod” i reprezentuje 100% promieniowania PAR docierającego w danym czasie do roślin. Kolejne pomiary przeprowadzane są pod okrywą roślinną (pomiar „pod”) i obejmują światło przepuszczone przez liście. Ponieważ okrywa roślinna nie jest jednorodna, pomiary „pod” wykonuje się kilkukrotnie w różnych punktach przestrzeni, określonych przez kierunki świata i wysokość pomiaru nad podłożem. Pamiętać zawsze należy o horyzontalnym położeniu LAI`ometru. Jeżeli warunki oświetlenia są stabilne wystarczy wykonać jeden pomiar ”nad” na kilka pomiarów „pod”. Przy pomiarze „nad’ i „pod” muszą być używane te same nakładki regulujące dopływ światła do czujnika optycznego. Należy zwracać uwagę, aby osoba wykonująca pomiar nie zasłaniała czujnika. Istotne jest aby kolejne powtórzenia pomiarów wykonywać przy takim samym położeniu azymutalnym urządzenia oraz na tej samej wysokości i dostosować technikę pomiarów do badanej roślinności.

Pomiar w roślinności trawiastej może wymagać zastosowania nakładki na czujnik odcinającej efekt dużych sąsiednich obiektów np. drzew. Pomiar na polach uprawnych o jednolitym pokryciu roślinnością wykonuje się posuwając się wzdłuż międzyrzędzi. Linie pomiaru, równoległe do międzyrzędzi powinny przebiegać zarówno na brzegach pola jak i jego powierzchni w jednej czwartej, połowie i trzech czwartych szerokości pola. Posuwając się wzdłuż linii pomiaru wykonuje się pomiar ”nad” i kolejne trzy pomiary „pod” na planie litery Z między rzędami roślin powtarzając tę procedurę wielokrotnie. W zależności od wysokości roślin i stopnia zwarcia międzyrzędzi stosować można nakładki korygujące dostęp światła do czujnika optycznego. W przypadku samotnie rosnących drzew pomiaru „pod” dokonuje się przy pniu, co najmniej raz z każdej strony świata. Każdorazowo pomiar „pod” poprzedzony być musi pomiarem „nad” wykonanym z taką samą nakładką, zwykle 45˚, na czujnik światła i w takim samym położeniu azymutalnym.

http://www.licor.com/env/products/leaf_area/LAI-2200/row_crops.html

W przypadku izolowanych krzewów pomiarów typu „pod” dokonywać można w centrum rośliny nieznacznie zmieniając położenie czujnika tzn. kąt jego nachylenia względem podłoża, przy zastosowaniu nakładki 45˚ na czujnik światła (Leśny J, Szoszkiewicz K, Juszcza R, Olejnik J, Serba T, 2007. Acta Agrophysica 9(3):673).

http://www2.decagon.com/products/canopy-atmosphere/light/lp-80-ceptometer-leaf-area-index-lai-fpar/

Metoda pomiaru LAI przy użyciu urządzenia AcuuPAR LP 80 firmy Decagon Devices

Urządzenie jest przenośnym, liniowym czujnikiem promieniowania fotosyntetycznie aktywnej radiacji PAR, dokonującym pomiaru intensywności promieniowania od 0 do ponad 2 500 µmol $m^{-2}s^{-1}$na odcinku długości 84 cm. Na podstawie pochłaniania PAR przez liście szacowany jest wskaźnik LAI oraz wskaźnik Tau (T), który jest stosunkiem intensywności PAR na określonej wysokości w roślinie, w łanie lub w lesie do intensywności PAR nad badanym obiektem w wolnej przestrzeni. Mierzona intensywność PAR (zakres 400-700nm) podawana jest w µmolach m^{-2} s^{-1}. Rejestrator posiada 4 menu: PAR/LAI menu, Log menu, Data menu, Confg menu. Wybór menu polega na wciśnięciu przycisku menu i wybieraniu w każdym menu funkcji za pomocą strzałek i ENTER lub ESC. Czujniki światła liniowo rozmieszczone wzdłuż listwy pomiarowej mogą pracować wszystkie jednocześnie lub mogą byś odcinkami wyłączone z pomiaru, np. przy przerwach w wegetacji.