

METODYKA

TADEUSZ TRACZYK

Instytut Ekologii PAN  
Pracownia Ekologii Roślin  
Warszawa

## Propozycja nowego sposobu oceny produkcji runa

Proponowana metoda została zastosowana w ubiegłym roku przez Pracownię Ekologii Roślin Instytutu Ekologii PAN, w celu oceny produkcji pierwotnej runa czterech zespołów leśnych Kampinoskiego Parku Narodowego. Wchodzi ona w zakres bezpośrednich metod oceny produkcji i stanowi modyfikację metody zniwnej lub zbioru plonu („harvest method”, „Erntemethode”).

Jest rzeczą oczywistą, że każda metoda, aby dawała dobre wyniki, powinna być dostosowana do badanego obiektu i celu badań. Pierwszym zatem, i to wcale nie błahym, warunkiem powodzenia badań jest adekwatność metody, to zaś z kolei wiąże się ze wstępnym choćby poznaniem interesującego obiektu. Przy badaniach roślinności odpada wprawdzie ogromna trudność wynikająca z poruszania się osobników (z czym od dawna borykają się ekologowie zwierząt), natomiast nabiera pierwszorzędного znaczenia sprawa rozmieszczenia osobników roślinnych w przestrzeni, czyli struktura przestrzenna roślinności.

W badaniach układów zbiorczych realizujących się na dużych obszarach, jedyną drogą do poznania rzeczywistości przyrodniczej, jest pobranie próby. W badaniach takich próbą stanowi z reguły znikomą część badanej całości. Skoro więc na podstawie niewielkiej części musimy wnioskować o całości, niezmiernie istotny staje się postulat reprezentatywności próby. I to jest sprawa z metodologicznego punktu widzenia bardzo istotna, chociaż niestety, nie zawsze przestrzegana. Na przykład pobieranie 20—30 prób o łącznej powierzchni 4—6 m<sup>2</sup>, jak to się robi w metodzie standardowej oraz wnioskowanie na tej podstawie o stosunkach panujących w całym zbiorowisku zajmującym dziesiątki lub setki hektarów budzi poważne zastrzeżenia. Dochodzimy zatem do bardzo ważnego pytania: jaką próbę i w jaki sposób należy pobrać, aby była ona możliwie najwierniejszym odbiciem rzeczywistości przyrodniczej? Nie ulega wątpliwości, że do tego celu najlepszym sposobem jest pobranie możliwie największej ilości prób w sposób losowy. Warunek ten w badaniach runa spełnia najlepiej analiza zagęszczenia (liczebności) w obrębie poszczególnych gatunków i dlatego analizę tę wykorzystano w omawianej

metodzie. Analizę taką najdogodniej przeprowadzić w pełni rozwoju runa, bacząc, aby nie ominąć grupy roślin wcześniej zamierających (np. geofitów wczesnowiosennych). Analiza zagęszczenia, jaką zastosowaliśmy, polegała na tym, że w obrębie całego badanego płatu danej asocjacji dokonywano 100 rzutów kołem o średnicy 36,7 cm (0,1 m<sup>2</sup>). W każdym rzucie notowano nie tylko wystąpienie gatunku (frekwencja), lecz i liczbę osobników poszczególnych gatunków (zagęszczenie, liczebność). Z tego względu zagęszczenie można by określić na wzór „średniej ważonej” mianem „frekwencji ważonej”. W wypadkach kiedy nie można było oddzielić osobników, liczono pędy nadziemne, a u gatunków kępowych cała kępa stanowiła jednostkę — osobnika. Oceniono również w każdej próbie pokrycie roślin zielnych i mchów. W promieniu 1 m od środka próby notowano gęstość krzewów i drzew w fazie podrostu. Ustalenie zagęszczenia jest bardzo proste i nie zabiera dużo czasu. Dla orientacji podam, że analizę 100 rzutów wykonywały 2 osoby przez 2 dni. Dlatego zwiększenie ilości prób do 200 lub 300 — co jest bardzo wskazane — nie sprawia większego kłopotu. Można również przy ocenie zagęszczenia zastąpić rzuty „na chybił trafił” wyborem miejsc na próby według tabeli losowej. Zastosowanie analizy zagęszczenia ma tę zaletę, że gwarantuje obiektywność badań, daje najbardziej reprezentatywny obraz badanej rzeczywistości, a tym samym w dużym stopniu decyduje o wartości naszych wyników. Oczywiście, ustalenie zagęszczenia poszczególnych populacji tworzących runo nie wystarcza do oceny jego produktywności, jest to tylko pierwszy etap omawianej metody.

Przy badaniach produkcji metodą bezpośrednią nie można obyć się bez pomiarów biomasy. Ponieważ produkcja netto to przyrost biomasy w określonym czasie, na jednostkę powierzchni (O d u m 1963, M e d w e c k a - K o r n a ś 1965, P e t r u s e w i c z 1963, 1966), trzeba w miarę możliwości starać się o bezpośrednie pomiary przyrastającej zielonej biomasy, a nie opierać się przy ocenie przyrostów na metodach pośrednich (np. na różnicy w wartościach stanów). Bezpośrednia analiza przyrostów stanowi drugi etap omawianej metody. Analizę przyrostów biomasy przeprowadzamy dla każdej populacji oddzielnie. Zakładamy przy tym, że maksymalny przyrost osiąga populacja w okresie od fazy masowego kwitnienia do fazy dojrzałych owoców. W rozwoju zarówno osobników, jak i całej populacji, jest to okres trwający nawet kilkadziesiąt dni. Można więc przyjąć, że masa roślinna określonej populacji trwa przez większą część okresu wegetacyjnego w stanie maksymalnym lub bardzo zbliżonym do maksymalnego. Wtedy właśnie należy przeprowadzić analizę przyrostu tegorocznego. Zaleca się wykonywać ją w okresie owocowania, gdyż stwarza to jednocześnie sposobność oceny produkcji owoców czy nasion. Ponieważ kwitnienie czy owocowanie nie zachodzi równocześnie u wszystkich gatunków, analizę przyrostów przeprowadzamy grupami, dobierając gatunki znajdujące się w maksymalnym stanie rozwoju i przyrostów. Zachodzi przeto konieczność selektywnego wycinania grup gatunków. Nawet orientacyjne obserwacje fenologiczne wystarczają do ustalenia terminów ścięcia roślin. W sposób całkowicie losowy (np. przez losowe zakładanie kół) wycinamy określoną liczbę osobników (pędów, kęp) danej populacji. Liczbę tę określa wartość uzyskana w analizie zagęszczenia. Zakładamy, że nie powinna być ona mniejsza od liczby ustalonej w analizie zagęszczenia, chyba że liczebność populacji w tej ostatniej osiągnęła zbyt duże wartości, np. kilka tysięcy osobników. Zbieramy osobniki żywe lub częś-

ciowo zółknące, natomiast całkowicie zamarłe pomijamy. Dokładnie liczymy ilość owocujących osobników, a owoce oddzielamy od części wegetatywnych. Zabieg ten przeprowadzamy w laboratorium. Tam też przeprowadzamy analizę przyrostów. Posegregowany materiał suszy się w temperaturze 85°C przez 48 godz. i waży z dokładnością do 0,01 g. W przypadku roślin jednorocznych lub bylin zamierających, maksymalny stan biomasy w okresie owocowania będzie równoznaczny z maksymalnym przyrostem, gdyż populacja tych gatunków odbudowuje swą masę nadziemną niemal „od zera”. U gatunków zimozielonych, u których część pędów nadziemnych jest trwała, maksymalny przyrost ocenia się na podstawie biomasy tegorocznej po jej uprzednim oddzieleniu od masy z lat ubiegłych.

Po ustaleniu szczytowego przyrostu biomasy tegorocznej oraz liczby osobników lub pędów nadziemnych, możemy obliczyć tzw. wskaźnik przeciętnego przyrostu osobniczego w okresie maksymalnego przyrostu danej populacji (skrót dla tego pojęcia: przeciętny przyrost osobniczy —  $G_i$ ). Jest on ilorazem sumy przyrostów biomasy osobników danej populacji i liczby osobników. Trzeba jeszcze raz zaznaczyć, że wartość ta jest wskaźnikiem tylko aktualnej, tegorocznej biomasy lub aktualnego maksymalnego przyrostu, a nie przeciętną całej biomasy wyprodukowanej i w latach ubiegłych.

Produkcja pierwotna netto określonej populacji będzie równa iloczynowi przeciętnego przyrostu osobniczego ( $C_i$ ) oraz zagęszczenia ( $D$ ):

$$P = G_i \cdot D.$$

Zsumowanie produkcji poszczególnych populacji daje oczywiście ogólną produkcję runa.

### Analiza warstwy mchów

Z dwudziestu prób o powierzchni 0,1 m<sup>2</sup> każda zbiera się mchy, ustalając przedtem dokładnie ich pokrycie. Po wysuszeniu i zważeniu otrzymuje się przeciętną suchą biomasę mchów ( $B_c$ ) ze ściśle określonej powierzchni o znanym pokryciu ( $C_c$ ). Notowanie pokrycia mchów w analizie zagęszczenia (100—300 rzutów losowych) pozwala na ustalenie przeciętnego pokrycia z tych prób ( $C_f$ ). Z proporcji:  $\frac{B_c \cdot C_f}{C_c}$  obliczamy biomasę mchów w próbach (rzutach) losowych.

W celu ustalenia jaki procent biomasy ogólnej mchów stanowią przyrosty tegoroczne, pobiera się dodatkowo 20 prób o powierzchni 250 cm<sup>2</sup> każda. Z prób tych oddziela się biomasę tegoroczną od biomasy z lat ubiegłych. Ze stosunku tych dwu wielkości oblicza się współczynnik przyrostu, o który trzeba zmniejszyć przeciętny stan biomasy mchów stwierdzony w próbach losowych.

### Dyskusja

Największą trudność w ocenie produkcji pierwotnej metodą bezpośrednią (analiza biomasy roślin) stwarza ogromna zmienność przestrzenna i czasowa roślinności. Każda więc metoda, jeżeli ma być metodą obiektywną

i dobrą, musi liczyć się z tym podstawowym faktem. Wydaje się, że omawiana w tym artykule metoda oparta na analizie zagęszczenia (*D*) oraz ustaleniu przyrostów osobniczych (*G*) w znacznym stopniu trudność tę rozwiązuje. W dalszym toku rozważań metodę tę będę określał symbolem — *DG*, w przeciwieństwie do metody standardowej — symbol *S*, opartej na pomiarach stanów biomas.

Analiza stanów biomasy (przeprowadzona na przykład w odstępach miesięcznych) oraz wyliczanie produkcji na podstawie zmiany stanów zarówno częściowych przyrostów lub ubytków, jak i maksymalnego przyrostu ogólnego, może być obciążona znacznymi błędami, wynikającymi głównie ze wspomnianej wyżej zmienności przestrzennej roślinności (zmienności biomasy, zagęszczenia gatunków). Ustalenie stanów wymaga bowiem zawsze pobierania prób oraz ich serii za każdym razem z innego miejsca, a miejsca te są bardzo niejednorodne: obok miejsc o słabym zwarciu roślin lub wręcz pustych, znajdujemy płaty gęsto porośnięte roślinnością, obok miejsc z małymi roślinami o znikomej biomasie, miejsca z bardzo bujną i dużą roślinnością, kilkadziesiąt razy przewyższającą biomasę roślin wspomnianych uprzednio. W tej sytuacji pobranie 20 czy 30 prób, jak to się praktykuje w metodzie *S*, nie zawsze daje obiektywny wynik. Jedyne duża ilość prób (100—300) i losowy sposób ich pobrania zapewnia obiektywność analizy i dobrą reprezentatywność próby, daje prawdziwy obraz rzeczywistych ilościowych stosunków florystycznych i zapewnia dostateczną penetrację prawie całego badanego płatu. Taką zaletą odznacza się właśnie metoda *DG*, dzięki analizie zagęszczenia. Analiza ta zapewnia ponadto jednakowy obiektywizm oceny zarówno rzadkich jak i liczebnych populacji, zarówno roślin dużych jak i małych, o znikomej biomasie, gdyż każdą populację traktujemy w niej oddzielnie, dla każdej z nich ustalamy zagęszczenie osobników oraz ich przyrosty. Unikamy dzięki temu sytuacji, kiedy kilka dużych okazów w próbie może w sposób istotny wpłynąć na ogólny stan biomasy. Dlatego w metodzie *S* — badającej stany, aby temu zaradzić, proponuje się poprawkę polegającą na tym, że biomasę gatunków dużych, przewyższających wielokrotnie masę innych gatunków, bada się oddzielnie na stałej ilości osobników (R a j c h e l 1965).

Analiza poszczególnych populacji w metodzie *DG* stwarza dogodną sposobność do badań wielu ciekawych aspektów natury ekologicznej, z których ważniejsze wymienię:

1. Ocena udziału biomasy poszczególnych populacji w ogólnej biomasie zbiorowiska (roślinności), a więc analiza struktury biomasy zbiorowiska, wytypowanie gatunków budujących i akcesorycznych, ustalenie roli poszczególnych populacji w kształtowaniu środowiska z uwagi na swą biomasę i liczebność.

2. Ocena stosunków ilościowych w zakresie wielu cech biologicznych, przez ustalenie (wskaźnika) stopnia kwitnienia, owocowania, wrażliwości na choroby, czy innych cech, które w analizie zagęszczenia możemy notować.

3. Ustalenie wskaźnika tegorocznego przyrostu biomasy do biomas starszych, dzięki bezpośredniej wizualnej analizie przyrostów, a nie na podstawie różnicy w stanach całej biomasy populacji, jak w przypadku metody *S*; dzięki temu w dużym stopniu zmniejsza się możliwość popełniania błędu w ocenie przyrostów, które przecież decydują o produkcji; analiza wielkości wskaźników biomasy tegorocznej do starej, w odniesieniu do pojedynczych gatunków czy całych zbiorowisk, daje nam cenną informa-

cję ekologiczną dotyczącą udziału form biologicznych i niektórych cech rozwojowych roślin.

Warto przytoczyć i inne cechy dodatnie tej metody. Wiemy, że nie wszystkie rośliny tworzące określone zbiorowisko, jednocześnie osiągają swe szczytowe biomasy. Jedne z nich rozwijają się wczesną wiosną, inne nawet późnym latem. Wiele gatunków zamiera w okresie, gdy inne zaczynają swój rozwój. Dotyczy to również kształtowania się biomas. Nic więc dziwnego, że pobranie jednego pokosu roślinności w okresie lata, jak to robią na przykład łąkarze, i obliczanie na tej podstawie produkcji, nie wiele ma wspólnego z pełną produkcją zbiorowiska. Wspomina o tym wielu autorów (O d u m 1960, S o č a v a, L i p a t o v a, G r o š k o v a 1962, W i e g e r t i E v a n s 1964, R a j c h e l 1965 i inni). Tych dość istotnych błędów unikamy przy stosowaniu metody *DG*, gdyż każdą populację analizujemy oddzielnie i łatwo przez wybiórcze (selektywne) wycinanie dobrać najodpowiedniejszy czas przypadający na maksymalny przyrost biomasy danego gatunku. Selektowna analiza populacji pozwala uchwycić wszystkie „fale” rozwojowe roślinności w sezonie wegetacyjnym i zapobiega pominięciu w ocenie pewnej populacji lub grupy gatunków (np. wczesnowiosennych efemerydów).

Można mieć zastrzeżenie, i chyba całkowicie słuszne, że jednorazowa analiza przyrostu danej populacji nie zawsze daje pewność, że uchwyciliśmy jej maksymalny przyrost, gdyż osobniki w obrębie populacji dojrzewają i osiągają swe maksyma biomas niejednocześnie. W świetle tego, obliczenie wskaźnika przeciętnego przyrostu osobniczego określonego gatunku może być nieścisłe. Z pewnością uwaga taka warta jest przedyskutowania. Dla analizy gęstości fakt ten nie jest istotny, bo ważna jest wtedy ilość osobników, a nie ich stadium rozwojowe lub biomasa. Natomiast przy ustaleniu maksymalnego przyrostu opieramy się na tak dużej ilości osobników (w przypadku dużych populacji), że różnice te statystycznie wyrównują się. Ponadto, jeśli nawet natrafiamy na osobniki zamarłe (zeschłe), to nie bierzemy ich do obliczenia wskaźnika. A zatem fakt zamierania niewielkiej ilości osobników w okresie ustalania przyrostów populacji nie wpływa istotnie na ocenę. Obserwacje własne nad rozwojem populacji wykazały, że w okresie masowego kwitnienia lub owocowania, a więc w pełni rozwoju populacji, istnieją osobniki całkowicie wyrosnięte i bardzo małe. Większość tych małych osobników wcale nie powiększa swej biomasy do jakiejś ustalonej, standardowej wielkości końcowej, lecz zamiera w tym stanie jakby „niedorozwoju” razem z innymi osobnikami. Mamy więc do czynienia jak gdyby z wyczerpaniem sił rozwojowych populacji. Tak jak osobnik po zaowocowaniu najczęściej zamiera i nie rośnie na nowo, podobnie i populacja po osiągnięciu szczytu rozwoju i biomasy, który trwa dość długo, nie powtarza — przynajmniej w naszym klimacie — nowego rozwoju i wzrostu. Jeśli nawet pojedyncze okazy jeszcze przyrosną, nie zmieni to istotnie wskaźnika maksymalnego przyrostu danej populacji. Jest to wszak wielkość przeciętna, oparta najczęściej na dużej liczbie osobników (kilkaset lub nawet kilka tysięcy). W metodach bezpośrednich zawsze operujemy wielkościami przeciętnymi. Czy w metodzie *S* nie obliczamy przyrostów na podstawie różnicy w przeciętnych stanach biomasy pomiędzy seriami prób, i czyż przyrost obliczony w ten pośredni sposób jest dokładniejszy? Na to pytanie należy raczej odpowiedzieć przecząco. Niedokładność takich ocen może być w znacznej mierze uzależniona od bardzo dużej różnorodności pokrywy roślinnej w przestrzeni i od dużo mniejszej ilości prób.

Analiza stanów biomasy ma i ten ujemny aspekt, że dotyczy masy nowo powstałej oraz starej, wyprodukowanej w latach ubiegłych. O ile masę zieloną można dosyć dokładnie oddzielić od martwej, o tyle gorzej przedstawia się sprawa oddzielenia tegorocznej martwej masy od martwej masy z lat ubiegłych. Przyjęcie puli masy martwej, jej stanów i tempa zanikania (przy jednoczesnym okresowo nawarstwieniu się nowych porcji mas martwych) jako podstawy oceny produkcji (Wiegert, Evans 1964) może nasuwać zastrzeżenia. Balast mas starszych z lat ubiegłych zwiększa często bardzo istotnie stan badanej biomasy (np. w przypadku krzewinek), co może wpływać na popełnianie większych błędów.

Omawiana metoda DG, nie jest również pozbawiona słabych punktów. Największe trudności sprawia oddzielanie części starszych od tegorocznych i ustalanie przyrostu części zdrewniałych (np. *Vaccinium myrtillus*). Nie są to jednak przeszkody nie do pokonania. Wymagają wszakże szczególowszej analizy: obserwacji morfologicznych i rozwojowych. Kwestii tej poświęcić wypada oddzielną publikację. Również trudność w wydzielaniu osobników komplikuje nieraz analizę zagęszczenia. Dla wyjaśnienia warto dodać, że nie chodzi tu wyłącznie o osobniki. Można przecież w przypadkach koniecznych zastąpić osobniki ilością pędów nadziemnych lub ilością kęp. Ważne jest jednak, by używać stale tych jednostek przy analizie gatunku.

Te dwie ujemne strony omawianej metody nie przeważają nad wieloma cechami dodatnimi, do których dodać należy jeszcze i to, że jest to metoda stosunkowo łatwa i szybka w realizacji. Dzięki temu umożliwia ocenę produkcji niemal jednocześnie w kilku zbiorowiskach i pozwala tym samym na ciekawe porównawcze analizy wyników. Sam sposób obliczenia produkcji z materiałów zebranych tą metodą jest bardzo prosty. Produkcja jest po prostu sumą przyrostów wszystkich populacji tworzących badaną roślinność. Dalsze prace nad produkcją pierwotną przy zastosowaniu tej metody powinny — jak sędzę — przyczynić się do ulepszenia jej i ustalenia zakresu jej stosowalności.

## Piśmiennictwo

- Medwecka-Kornaś, A. 1965 — Zagadnienia botaniczne w Międzynarodowym Programie Biologicznym — Wiad. bot. 9: 3—13.
- Odum, E. P. 1960 — Organic production and turnover in old field succession — Ecology, 41: 34—49.
- Odum, E. P. 1963 — Podstawy ekologii — Warszawa, XVI + 560 pp.
- Petrusewicz, K. 1963 — Międzynarodowy Program Biologiczny — Kosmos, A, 12: 233—239.
- Petrusewicz, K. 1966 — Niektóre pojęcia w badaniach produktywności wtórnej — Kosmos, A, 15: 581—599.
- Rajchel, R. 1965 — Produktywność pierwotna netto runa w dwóch zespołach leśnych Ojcowskiego Parku Narodowego — Fragm. flor. et geobot. 11: 121—150.
- Sočava, V., Lipatowa, V., Groškova, A. 1962 — Opyt učeta polnoj produktivnosti nadzemnoj časti travjanogo pokrova — Bot. Ž. 47: 473—484.
- Wiegert, R. G., Evans, F. C. 1964 — Primary production and the disappearance of dead vegetation on an old field in southeastern Michigan — Ecology, 45: 49—63.

## A proposed new way of estimating the production of the forest herb layer

### Summary

A proposed new method for investigation of the forest herb layer is presented in the study. It consists in establishing the density and index of maximum individual increase within all the population forming the herb layer. Population production is calculated by multiplying density by the index of individual increase. The sum total of production of all the populations of course gives the production of the whole herb layer. A method for estimating moss production is also given. The advantages and disadvantages of the proposed method in comparison with the standard method are discussed.