

METODYKA

HENRYKA TRACZYK I TADEUSZ TRACZYK
Instytut Ekologii PAN
Pracownia Ekologii Roślin
Warszawa

Błąd w oszacowaniu biomasy uszkodzeń liści

Metoda oceny ubytków biomasy roślinnej oparta na pomiarach wyżerek liści została ostatnio wykorzystana w runie lasu bukowego w Ojcowskim Parku Narodowym (Łomnicki, Kosior, Kaźmierczak 1965). Praca tych autorów stała się bodźcem do szerszej analizy wyników otrzymanych tą metodą. Jak słusznie zaznacza Varley (1967), jest ona bardzo interesująca i stosunkowo ścisła, ale tylko w tych przypadkach, kiedy wyżerki zostały dokonane w okresie dojrzałości liści. Jeśli natomiast liść został uszkodzony przez roślinożerców we wczesnym stadium rozwoju, wtedy ubytek ten będzie powiększał się wraz ze wzrostem liścia. Fakt ten w dużej mierze może wpłynąć na błędną, zazwyczaj zawyżoną, ocenę wielkości uszkodzeń, którą przeprowadzamy zwykle w okresie pełnego rozwoju roślinności.

Niniejszy artykuł ma właśnie na celu ustalenie błędu, jaki spowodować może wyżej wspomniana okoliczność. W tym celu przeprowadzono doświadczenie w dwóch zespołach leśnych Kampinoskiego Parku Narodowego: w borze mieszanym *Pino-Quercetum* i borze trzęślicowym *Vaccinio-myrtilli-Pinetum molinietosum*. Do eksperymentu wybrano 10 gatunków roślin, zestawionych w tabeli I (w rzeczywistości gatunków tych wybrano dużo więcej, jednak na skutek zniszczenia większości osobników lub ich liści, wyniki odnoszące się do zniszczonych gatunków nie mogły być w pracy wykorzystane).

Wiosną (3 V 1966 r.) na kilkudziesięciu (20—30) liściach poszczególnych gatunków wziętych pod obserwację wycinano otwory dziurkaczem metalowym o powierzchni 4 mm^2 . Otwory te zlokalizowano w obrębie blaszki liściowej, w dolnej części liścia oraz po przeciwnej stronie nerwu głównego — w górnej części blaszki liściowej. Były to uszkodzenia wewnętrzne, nie dochodzące do brzegów blaszki, i dzięki temu nadające się do ścisłych pomiarów (por. Łomnicki, Kosior, Kaźmierczak 1965). Równocześnie mierzono długość i szerokość liścia. Długość od szczytu do miejsca styku blaszki liściowej i ogonka, a szerokość w miejscu najszerszym liścia. Po trzech miesiącach (3 VIII 1966), kiedy badane gatunki osiągnęły pełny rozwój i maksymalny rozmiar liści, zebrano wszystkie liście podziurkowane wiosną i powtórnie zmierzono ich długość, szerokość oraz przyrosty powierzchni otworów wyciętych dziurkaczem. Przy obliczeniu powierzchni uszkodzeń posłużono się papierem milimetrowym. Zebrane

Tabela I

Współczynniki przyrostu powierzchni uszkodzeń i ciężaru właściwego oraz wskaźniki zawyżenia oceny suchej biomasy uszkodzeń
Coefficients of increase in damaged area and specific gravity and indices of overestimation of the dry biomass of damaged areas

Gatunek Species	P_g	P_d	M	$P_g \cdot M$	$P_d \cdot M$
<i>Frangula alnus</i> Mill.	6,38	7,96	1,33	8,48	10,59
<i>Majanthemum bifolium</i> (L.) F. W Schm.	1,66	1,82	2,80	4,65	5,10
<i>Betula verrucosa</i> Ehrh.	2,22	2,37	2,00	4,44	4,74
<i>Corylus avellana</i> L.	2,87	2,71	1,50	4,30	4,06
<i>Carpinus betulus</i> L.	1,62	2,18	1,80	2,90	3,72
<i>Sorbus aucuparia</i> L.	—	1,74	2,00	—	3,48
<i>Rubus saxatilis</i> L.	1,73	2,29	1,50	2,59	3,43
<i>Solidago virga-aurea</i> L.	1,40	1,71	1,75	2,45	2,99
<i>Pirola rotundifolia</i> L.	1,40	1,48	2,00	2,80	2,96
<i>Convallaria maialis</i> L.	1,21	1,41	1,14	1,38	1,61

P_g — średni współczynnik przyrostu powierzchni uszkodzeń górnej części liścia,

P_d — średni współczynnik przyrostu powierzchni uszkodzeń dolnej części liścia,

M — współczynnik przyrostu ciężaru właściwego liścia,

$P_g \cdot M$ — wskaźnik zawyżenia oceny ubytków biomasy z górnych części liści,

$P_d \cdot M$ — wskaźnik zawyżenia oceny ubytków biomasy z dolnej części liści.

P_g — mean coefficient of increase in damaged area of the upper part of a leaf,

P_d — mean coefficient of increase in damaged area of the lower part of a leaf,

M — coefficient of increase in the specific gravity of a leaf,

$P_g \cdot M$ — index of over-estimation of biomass losses from upper parts of leaves,

$P_d \cdot M$ — index of over-estimation of biomass losses from lower parts of leaves.

liście bezzwłocznie przykładano do papieru milimetrowego i mierzono wielkość dziurek w mm^2 . Znając wielkość początkową oraz końcową, obliczono współczynnik przyrostu powierzchni uszkodzeń (P):

$$P = \frac{P_k}{P_p},$$

gdzie: P_k = końcowa powierzchnia uszkodzenia (w lecie), P_p = początkowa powierzchnia uszkodzenia (na wiosnę).

Następnie, obliczono średni współczynnik przyrostu powierzchni uszkodzeń dla każdego gatunku, oddzielnie z górnych i dolnych części liści (tab. I).

Sama znajomość przyrostu powierzchni nie mogła, rzecz jasna, wystarczyć do oceny ubytków suchej biomasy uszkodzeń. Należało znać ponadto ciężar właściwy suchej masy liścia młodego oraz dojrzałego zakładając, że wraz z rozwojem młodocianego liścia zwiększa się jego ciężar właściwy na skutek grubienia blaszki (powiększania się miększu oraz wiązek sitowonaczyniowych). Dlatego równocześnie z pomiarami powierzchni liści wycinano z 20 liści każdego gatunku po jednym cm^2 blaszki liściowej z analogicznych miejsc, z których wycinano dziurki. Wycinki te suszono przez

48 godz. w temperaturze 85°C, a następnie ważono z dokładnością do 0,001 g. Uzyskane dane posłużyły do obliczenia współczynników przyrostu ciężaru właściwego suchej biomasy liścia (M) według wzoru:

$$M = \frac{M_k}{M_p},$$

gdzie: M_k = ciężar właściwy, stwierdzony latem, M_p = ciężar właściwy, stwierdzony wiosną.

Znając te dwie zasadnicze wartości, tj. współczynnik przyrostu powierzchni uszkodzeń oraz współczynnik przyrostu ciężaru właściwego, można było obliczyć wskaźnik zawyżenia oceny suchej masy uszkodzeń (W), który jest iloczynem:

$$W = P \cdot M,$$

gdzie: P — współczynnik przyrostu powierzchni uszkodzeń (dziurek), M — współczynnik przyrostu ciężaru właściwego liścia.

Tabela I zawiera zestawienie obliczonych współczynników.

Wyniki niniejszego opracowania są dosyć interesujące, a niejednokrotnie nawet zaskakujące.

1. Okazało się, że zawyżenie oceny uszkodzeń liści może być ponad dziesięciokrotne, o ile oczywiście uszkodzenia te dokonane zostały przez roślinożerców w początkowym stadium rozwoju liścia, a pomiary przeprowadzono znacznie później.

2. W omawianym eksperymencie wskaźniki zawyżenia oceny wahają się od 1,61 do 10,59. Można by zapytać, jaka jest tego przyczyna. Otóż, przy wycinaniu dziurek celowo wybrano dwie grupy gatunków znajdujących się niemal w krańcowo przeciwnych stadiach rozwoju liści. *Majanthemum bifolium*, *Betula verrucosa* a zwłaszcza *Frangula alnus* znajdowały się w bardzo wczesnym okresie rozwoju. Druga grupa — *Convallaria maialis*, *Pirola rotundifolia* oraz *Solidago virga-aurea* miały liście już prawie zupełnie rozwinięte. Powiększanie się liści w pierwszej grupie było więc kilka razy większe niż w drugiej. Na przykład długość liści *Frangula alnus* zwiększyła się przeciętnie o 119% a szerokość o 138%, podczas gdy u *Convallaria maialis* tylko o 47% oraz 31%. Podobnie u *Solidago virga-aurea* przyrosty długości i szerokości były małe: 31% i 44%. Odbiło to się rzecz jasna na odpowiednim powiększeniu się uszkodzeń, a w konsekwencji na odmiennych wartościach ubytków suchej biomasy (tab. I).

3. Przeciętnie biorąc, wartości suchej masy uszkodzeń stwierdzone w lecie są najczęściej 3 lub 4 krotnie wyższe niż faktyczna wartość uszkodzeń wiosennych. Trzeba przy tym zaznaczyć, że nie są to bynajmniej wartości maksymalne. Do wycinania bowiem otworków brane były dosyć różne, co do wielkości, liście lub osobniki danego gatunku. Spośród kilkunastu analizowanych liści, jedne zaczynały rosnąć, inne były znacznie starsze, a jeszcze inne już prawie całkowicie wyrosnięte. Nigdy nie zdarzyło się, aby wszystkie lub większośćznaczonych liści znajdowała się w jednakowym i to najwcześniejszym okresie wzrostu. Zatem współczynnik przyrostu powierzchniowego są z całą pewnością pewną przeciętną wartością dla gatunku i to nie maksymalną.

4. Z omawianego doświadczenia nasuwa się wniosek zasadniczy, zresztą łatwy do przewidzenia, że powiększanie się uszkodzeń (wyżerek) bardzo ściśle wiąże się ze wzrostem liści. Im bardziej liście zwiększają swe powierzchnie, tym bardziej powiększają się uszkodzenia. U liści całkowicie

wyrośniętych powiększanie się wyżerek prawie nie zachodzi, nie licząc późniejszych ubytków powstałych na skutek zamierania brzegów wyżerek i ewentualnego ich wykruszania się.

5. Prawidłowość powyższą potwierdza również fakt, że uszkodzenia dolnej części liścia przyrastały więcej niż górnej (por. tab. I). Wiąże to się z różną wielkością przyrostu powierzchni w tych dwóch częściach liścia. Liście bliżej szczytu z reguły mniej przyrastają niż przy nasadzie. Wyjątek stanowiły liście *Corylus avellana*, które u szczytu wykazywały nieco większe przyrosty ubytków niż u podstawy. Nie przeczy to jednak ogólnej zasadzie, a raczej ją potwierdza, gdyż u tego gatunku właśnie górna część liści jest nieco szersza niż dolna, a więc i przyrost powierzchni ogólnej w górnej części jest większy.

6. Do wniosku poprzedniego dodać zatem należy, że powiększanie się wyżerek zależy nie tylko od okresu, w którym uszkodzenia nastąpiły, lecz również od ich lokalizacji na blaszce liściowej.

7. Ze wzrostem liścia zmienia się również jego ciężar właściwy. U wszystkich badanych gatunków ciężar właściwy był wyższy latem niż wiosną.

8. Nie stwierdzono jednak ścisłego związku pomiędzy wielkością przyrostu ciężaru właściwego a wielkością przyrostu powierzchniowego. Inaczej mówiąc, nie zawsze u liścia dłużej i więcej przyrastającego zauważa się odpowiednio większy przyrost ciężaru właściwego. Jest on najprawdopodobniej wypadkową kilku elementów: wielkości wzrostu liścia, dziedzicznej cechy gatunkowej oraz czynników siedliskowych.

9. U gatunków posiadających małe liście, błędy w ocenie wyżerek będą dużo mniejsze, niż u gatunków o liściach dużych, u których możliwość zwiększenia powierzchni liści w czasie wzrostu jest znacznie większa.

10. Ponieważ ogólna ocena ubytków jest ilorazem z powierzchni i ciężaru właściwego, można przypuszczać, że błąd będzie większy u gatunków o grubych liściach, u których różnica pomiędzy ciężarem właściwym młodego i dojrzałego liścia jest stosunkowo duża. W naszym przypadku do gatunków takich należy *Pirola rotundifolia*. Wprawdzie powierzchnia uszkodzenia zwiększyła się stosunkowo nieznacznie, ale ciężar właściwy wzrósł dwukrotnie.

11. Praca Łomnickiego, Kosiora i Kaźmierczaka (1965) dowiodła, że błąd w oszacowaniu powierzchni biomasy uszkodzeń jest nieznaczny, zakładając oczywiście, że wyżerki zostały dokonane przez zwierzęta po zakończeniu wzrostu liści. Powyższy fakt łącznie ze stwierdzeniem, że aż do 12% masy blaszek liściowych może być pożerana przez roślinożerców, pozwala — jak podają autorzy — użytkować dane uzyskane tą metodą do oceny produkcji wtórnej brutto (O d u m 1959, P e t r u s e w i c z 1963, 1967). W świetle naszego opracowania metoda oceny ubytków suchej masy uszkodzeń spowodowanych przez roślinożerców, w oparciu o pomiary wielkości tych uszkodzeń oraz ciężaru właściwego, nie daje ścisłych, a nawet zbliżonych do rzeczywistości wyników, jeżeli nie będziemy znali czasu, w którym wyżerki zostały dokonane. Nie znając go nie mamy pewności, czy wielkości wyżerek są wynikiem rzeczywistej działalności roślinożerców, czy też w przeważającym stopniu — funkcją wzrostu biomasy roślinnej. Błąd wynikający z tej okoliczności, jak wspomniano, może nawet sięgać ponad 1000%. Innymi słowy, rzeczywista ilość biomasy pobranej przez roślinożerców może być ponad 10-krotnie mniejsza od ilości obliczonej tą metodą.

Piśmiennictwo

- Łomnicki, A., Kosior, A., Kaźmierczak, T. 1965 — Ocena suchej masy uszkodzeń, dokonanych przez roślinożerców w runie lasu bukowego (*Fagetum carpaticum*) — Ekol. Pol. B, 11: 61—67.
- Odum, E. P. 1959 — Fundamentals of ecology — Philadelphia, XVII + 546 pp.
- Petrusewicz, K. 1963 — Międzynarodowy Program Biologiczny — Kosmos, A, 3(62): 233—239.
- Petrusewicz, K. 1967 — Concepts in studies on the secondary productivity of terrestrial ecosystems (Secondary productivity of terrestrial ecosystems. Ed. K. Petrusewicz) — Warszawa-Kraków.
- Varley, G. C. 1967 — The effects of grazing by animals on plant productivity (Secondary productivity of terrestrial ecosystems. Ed. K. Petrusewicz) — Warszawa-Kraków.

Error in assessment of the biomass of leaf damage

Summary

The aim of the present study is to estimate the error which may occur when using the method of measuring the dry mass of leaf damage, if such damage was caused at different stages of the leaf's growth, and measurements of this damage after the growth period. It has been assumed here that the damaged part of a young leaf will enlarge as the leaf grows. Łomnicki, Kosior, Kaźmierczak (1965) and Varley (1967) all refer to this.

Experiments were set up in spring (May 3rd 1966) on 10 species of plants in 2 forest associations of the Kampinos National Park. Holes measuring 4 mm² were made with a punch in 20 or 30 leaves of each species. The holes were cut in the lower and upper parts of the leaf lamina (damaging the central and not the marginal parts of the leaf). The length and breadth of the leaves and their specific gravity were also measured. The leaves were picked 3 months later and the increase in the damaged area, increase in measurements of the leaf and the specific gravity of the dry mass of leaves of the different species were measured. Knowing the initial and final sizes, calculation was made of the coefficients of increase of the damaged areas and coefficients of increase of specific gravity. The product of these two values gave the index of over-estimation of dry biomass of damaged leaves. These calculations are given in Table I.

The results of the present study can be summed up as follows:

1. Enlargement of damaged area is closely connected with the growth of the leaf. There is practically no enlargement of damaged area in fully-grown leaves.
2. Not knowing the period in which damage was done we cannot be sure if the size of the damaged area (loss) is the result of the actual activities of phytophages or mainly the function of growth of plant biomass. Damaged parts in the lower part of a leaf increase more than in the upper.
3. The specific gravity also increases as the leaf grows, but not proportionately. It is the result of three components: amount of growth, constant morphological character of the given species and habitat factors.
4. As the total estimate of loss is the quotient of the area and specific gravity, greater increases of these two values, and therefore commission of a greater error, are possible in the case of species with large leaves and greater specific gravity.
5. The actual amount of biomass consumed by phytophages may be as much as ten times smaller than the amount estimated by this method.
6. Over-estimation varied in our case from 1.38 to 10.59. These are most certainly not maximum values, as leaves in different stages of growth, and not only very young leaves, were taken for analysis.