

PLON I ROZMIESZCZENIE MASY ROŚLINNEJ W SIEDLISKU ŁĄK RÓŻNIE NAWOŻONYCH

Józef Prończuk, Maria Tołwińska
SGGW-AR, Warszawa

Świat żywych organizmów odznacza się wielu specyficznymi cechami. Szczególne znaczenie ma przepływ energii przez organizm. Zapas energii (między innymi) jest potrzebny roślinie do przemiany materii — przy wzroście i rozwoju. Roślina młoda gromadzi zapas energii w nasieniu lub w odpowiednich organach wegetatywnych. Dotyczy to zarówno poszczególnych gatunków, jak i organizmów zbiorowych, do których należą cenozy trawiaste. To zagadnienie jest ważne z tego względu, że w okresie kryzysu znaczna część substancji organizmu może zamieniać się w energię. Proces ten ma oczywiście swoje granice. Przekroczenie jej grozi degradacją zdolności odtwarzania substancji i redukcją wydajności energetycznej organizmu. Przedmiotem badań była całkowita produkcja biomasy netto czterech płątów łąk różnie nawożonych. Nawożenie szczególnie wyraźnie wpływa na części rośliny zbierane przez użytkownika, które określa się jako „plon rolniczy”.

MIEJSCE I WARUNKI BADAŃ

Dwa płąty badanych łąk były położone w Jaktorowie koło Warszawy, w dolinie rzeki Pisia Tuczna. Następne znajdowały się w miejscowości Obory — w dolinie Wisły, również w pobliżu Warszawy. Obiekt Jaktorów ma łąki na czarnej ziemi zdegradowanej, wytworzonej z piasków gliniastych lekkich. Poziom wody gruntowej utrzymuje się tu na głębokości 40-100 cm od powierzchni gruntu. Badania prowadzono na łące trwałej, zaliczanej do grądu właściwego. Melioracje i zagospodarowanie łąki przeprowadzono w 1949 r.

Obiekt Obory ma łąki położone na ciężkiej madzie wiślanej, podścielonej piaskiem pochodzenia aluwialnego. Woda gruntowa w roku badań układała się na poziomie 27-86 cm od powierzchni gruntu (średnio

59 cm). Łąkę można zaliczyć do grądu poługowego. Została ona zmeliorowana i zagospodarowana 22 lata temu.

Łąki doświadczalne były różnie nawożone: w Jaktorowie jedna była bez nawożenia, druga zaś otrzymywała w sezonie 160 kg N, 71 kg P₂O₅ i 110 kg K₂O, tzn. 341 kg NPK na 1 ha. W Oborach pierwsza łąka otrzymywała: 240 kg N, 120 kg P₂O₅, 80 K₂O, tzn. 440 kg NPK na 1 ha. Drugi płat łąki był nawożony podwójną ilością wymienionych składników, tzn. 880 kg NPK na 1 ha, podczas sezonu wegetacyjnego. Nawozy wnoszono w dwóch dawkach.

Badania masy roślinnej prowadzono w 1973 r. identyczną metodą w powtórzeniach.

Warunki klimatyczne w roku badań były zbliżone do średnich z wielecia. Opady roczne wynosiły 505 mm, a w sezonie IV-IX spadło 296 mm deszczu. Korzystne temperatury i wilgotność dla narastania masy roślinnej notowano dla miesięcy: kwiecień, maj, czerwiec, a nawet dla lipca. Sierpień i wrzesień odznaczały się dużym niedoborem opadów. Jesień była długa i ciepła. Współczynnik hydrotermiczny kształtował się następująco:

| IV | V | VI | VII | VIII | IX |
|------|------|------|------|------|------|
| 1,05 | 1,61 | 1,92 | 1,18 | 0,39 | 0,59 |

Próby masy roślinnej (od powierzchni do głębokości 50 cm) pobierano w Jaktorowie: w I dekadzie kwietnia, w końcu maja, w połowie sierpnia oraz w końcu października. W Oborach w tych samych terminach, z wyjątkiem kwietniowego. Drugi pobór masy zbiegał się z I pokosem łąk, trzeci z II pokosem. Terminy wiosenny i jesienny otwierał i zamykał okres wegetacyjny.

Nadziemną masę roślin pobierano (z kolistej powierzchni 0,1 m²) z dwóch poziomów:

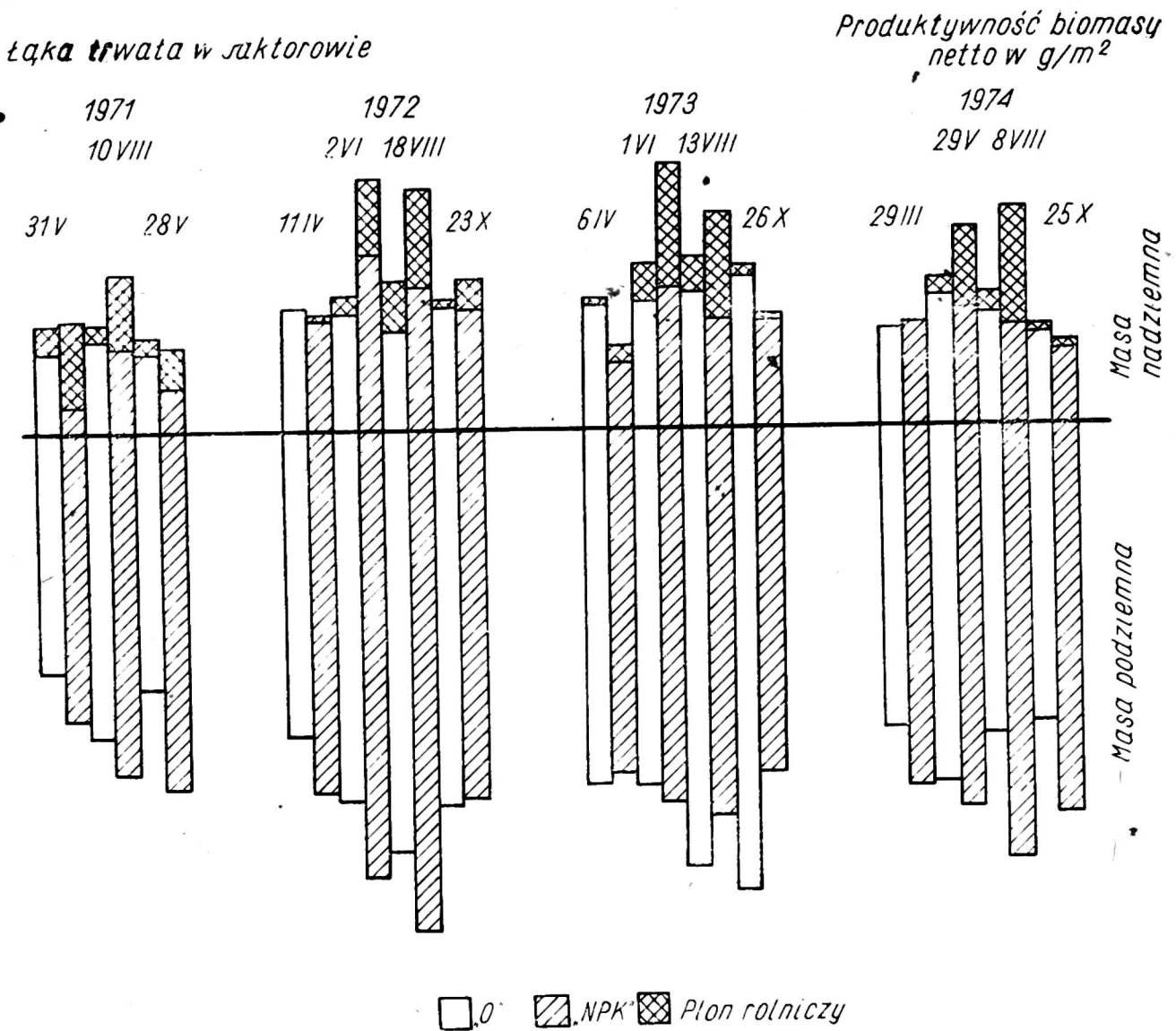
1 — na wysokości 5 cm od powierzchni gruntu, co stanowiło „plon rolniczy”,

2 — od 0 do 5 cm nad ziemią, którą określono jako „ściern”.

Masę podziemną roślin pobierano specjalnym przyrządem z powierzchni kolistej 0,1 m² do głębokości od 0 do 5 cm. Określono ją jako „darń”, w której znajdowały się węzły krzewienia, kłącza, rozłogi i korzenie. Następne warstwy masy korzeniowej pobierano cylindrem o objętości 1 dcm³, co 10 cm, do głębokości 50 cm. Masę podziemną przemywano na sitach o średnicy oczek 1mm, rozdzielano na poszczególne frakcje, suszono (do stałej wagi) w temperaturze 85°C i ważono. Po zmieleniu wykonano analizę chemiczną i określano kaloryczność.

WYNIKI

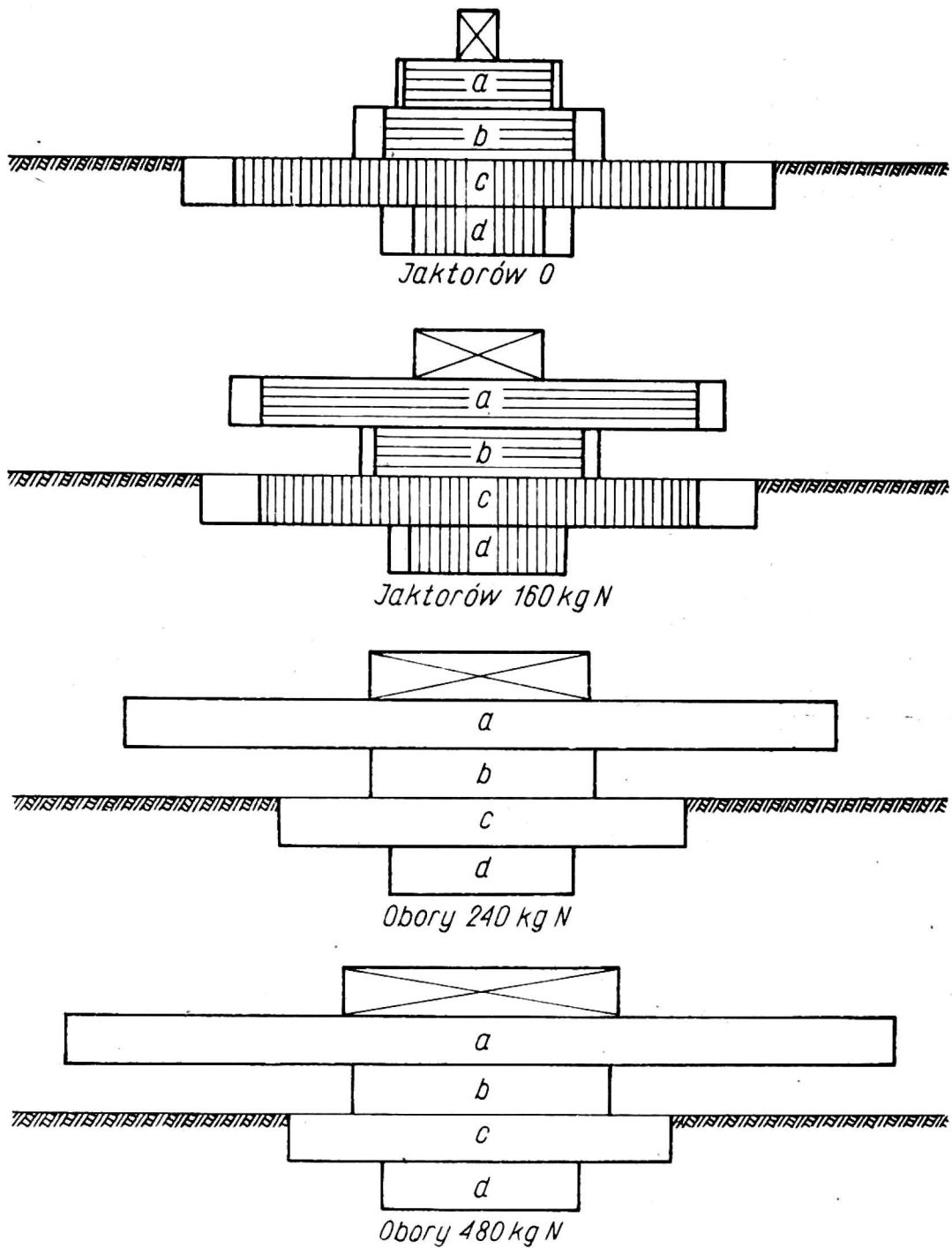
Wyniki opracowano na podstawie analiz wykonanych z prób pobranych w r. 1973. Dla lepszej charakterystyki badanego roku 1973, na rysunku 1 podano również wyniki z lat 1971, 1972 i 1974. Jak widać rozmieszczenie masy roślinnej w poszczególnych latach zasadniczo nie różniło się od siebie. Wyjątek stanowi pierwszy rok badań (1971), który



Rys. 1. Produktowność biomasy w Jaktorowie

należy traktować jako wprowadzający. Różnice między poletkami „zerowymi” i nawożonymi w masie korzeniowej nie mają tu istotnego znaczenia. Przy interpretacji wyników badań z 1973 r. w Jaktorowie i w Oborach warto nieco uwagi poświęcić zróżnicowaniu się poletek odmiennie nawożonych. Przedstawiono je na rysunku 2 i w tabeli 1.

Wzrastanie wysokości plonu rolniczego pod wpływem nawożenia jest zjawiskiem znanym. Natomiast pozostała masa, tworząca trzon wegetatywny łąki, była dość stabilna. Gdy plon rolniczy łąk wskutek nawożenia wzrastał pięciokrotnie, to pozostała masa między poletkiem zerowym



Rys. 2. Warstwy poziome masy roślinnej. *a* — plon rolniczy, *b* — ściern, *c* — darn 0-5 cm, *d* — korzenie 5-50 cm (zakreskowano masę bezpopielną — przekreślono plon przeciętny pokosu)

a przy 880 kg NPK/ha różniła się jedynie o 23% i to na korzyść łąki nie nawożonej. Między Jaktorowem a Oborami najmniejsze różnice zaznaczyły się w masie korzeniowej umieszczonej poniżej darni, największe zaś w darni. Zapewne miał tu wpływ skład botaniczny darni (w Oborach było mniej rozłogów i kłaczy). Różnice te wykazano na rysunku 3. Plon rolniczy na wszystkich poletkach rozkładał się typowo. W wieloleciu częściej jest on większy w pokosie I, a później obniża się. Z wykresu (na rys. 3) widać, że w Oborach był on zbierany trzykrotnie (kolumny C i D), a w Jaktorowie 4 razy (kolumny A i B). W ścierni są

Tabela 1

Całkowita s.m. na poletkach doświadczalnych różnie nawożonych [g/m²]

| Biomasa | Parcele | | | |
|-------------------------------------|-------------|------------------|---------------|---------------|
| | Jaktorów 0 | Jaktorów NPK-341 | Obory NPK-440 | Obory NPK-880 |
| Liście i łodygi przyziemne (ściern) | 504,6 | 480,1 | 448,3 | 524,7 |
| Masa darni 0-5 cm | 1198,6 | 1114,1 | 822,4 | 777,5 |
| Korzenie 5-50 cm | 385,8 | 347,8 | 368,0 | 399,0 |
| Razem masa bez plonu rolniczego | 2089,0(100) | 1942,0(100) | 1638,7(100) | 1701,2(100) |
| Plon rolniczy | 326,5(15,6) | 1016,3(52,3) | 1441,4(87,9) | 1683,9(99,0) |

różnice minimalne. Na rysunku 3 widać, że ściern oraz masa podziemna w sumie jest znacznie wyższa od plonu rolniczego. Na poletkach „zerowych” w Jaktorowie przekracza on całoroczny plon rolniczy. Natomiast na poletkach nawożonych NPK masa korzeniowa i ściern stanowi połowę plonu rolniczego.

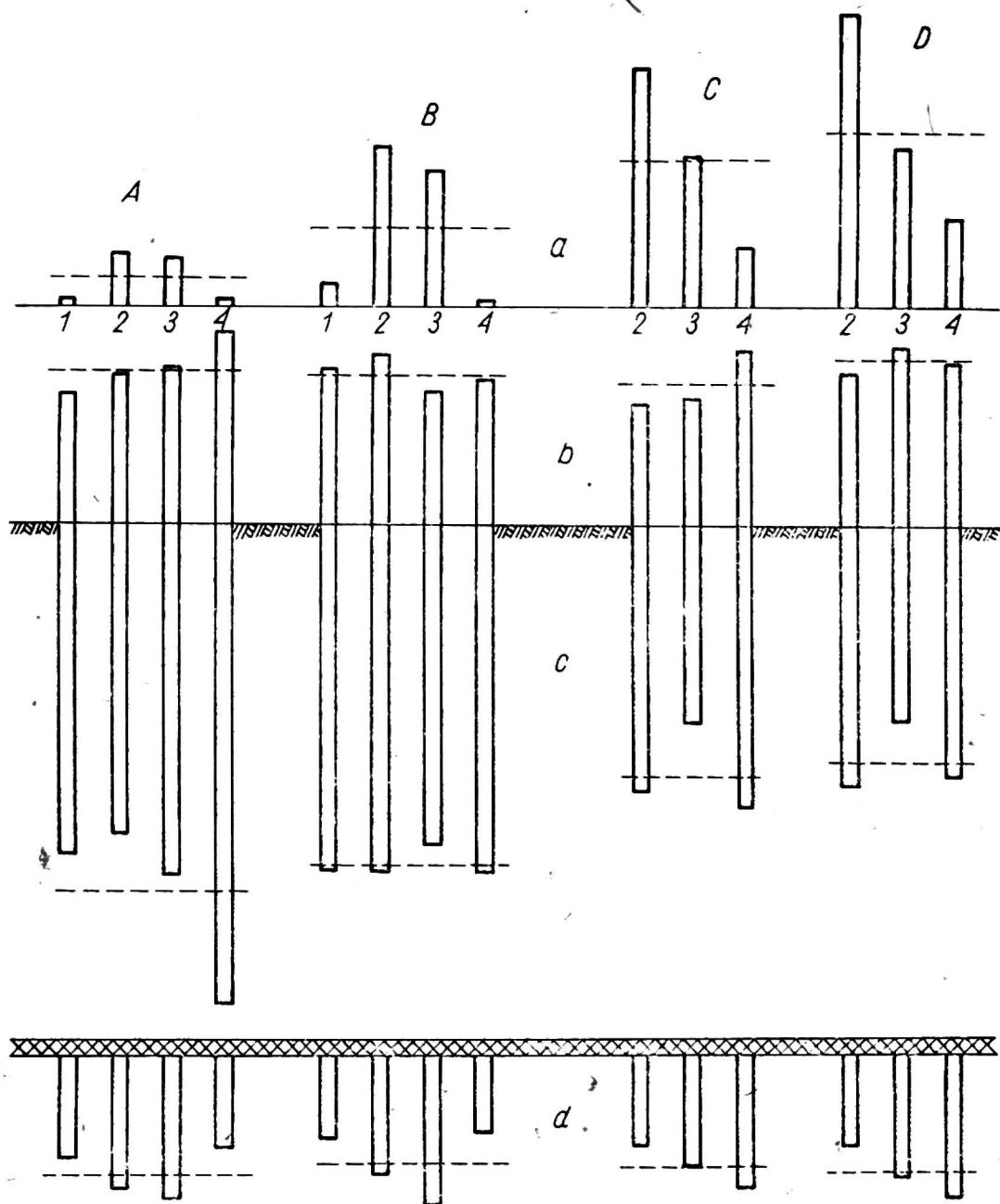
W warstwie darni (5 cm) widać wyraźnie różnice w ilości masy między Jaktorowem (A, B) i Oborami (C, D). Wysokie nawożenie redukuje biomase tej warstwy. Różnica w stosunku do zera wynosi aż 35%, a w stosunku do NPK w Jaktorowie najwyższe nawożenie w Oborach wykazuje mniej masy o 30%. W Oborach na najwyższym nawożeniu wystąpiło rozrzedzenie darni i pojawienie się nagich płatów, które stanowiły 30% ogólnej powierzchni. Biomasa darni łąki wysoko nawożonej jest zatem bardziej zredukowana z powodu słabego zadarnienia.

Również zwracają uwagę znamienne fakty:

— Ku jesieni na poletkach „zerowych” darni przyrasta, nie reagując na sierpniową i wrzesniową suszę. Natomiast na poletkach nawożonych, w sierpniu stwierdzono nieco mniejszą masę niż w maju i w końcu wegetacji.

— Drugi szczegół warty zanotowania, to sukcesywny przyrost masy korzeniowej od wiosny do jesieni. W Jaktorowie w końcu października zmniejszył się on widocznie, prawdopodobnie wskutek lepszej aeracji i szybszego rozkładu niż w Oborach. Na badaną masę korzeniową składały się bowiem żywe i martwe korzenie.

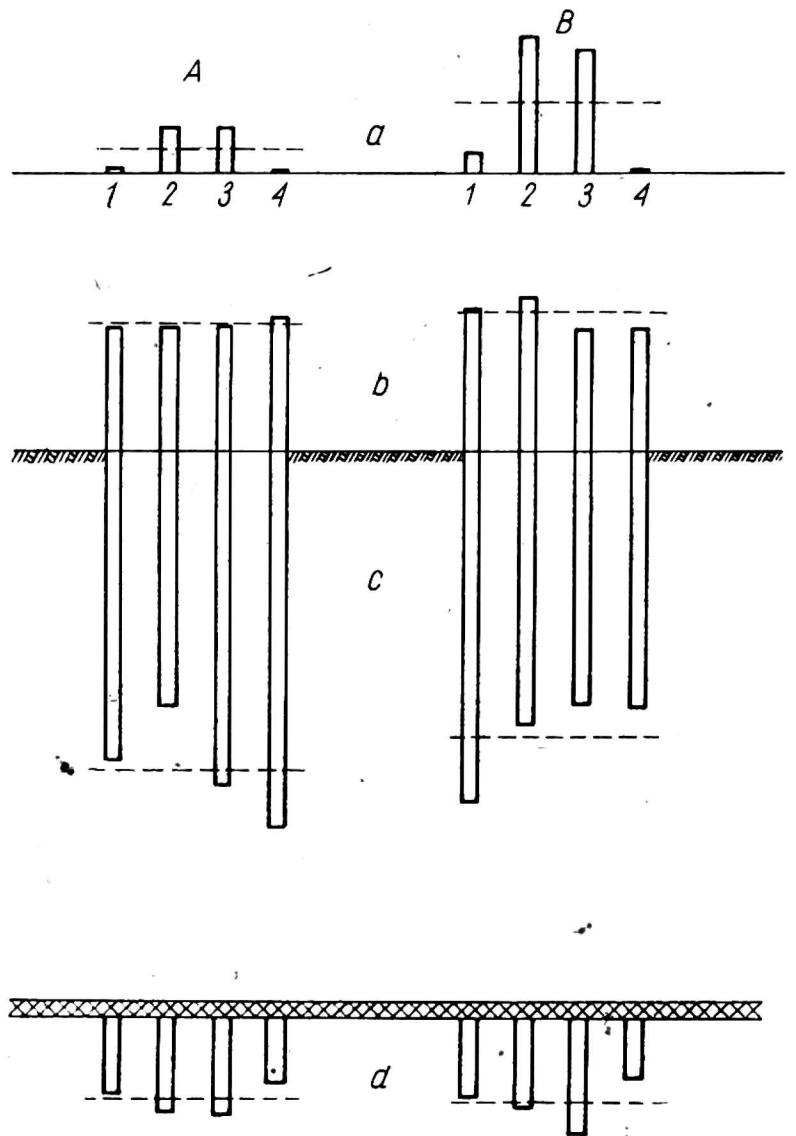
Odnośnie do korzeni trzeba wziąć pod uwagę istnienie błędów doświadczalnych. Ziemia nie daje się całkowicie oddzielić od masy korzeniowej i stanowi domieszkę popielną. W naszych doświadczeniach stanowiła ona od ok. 6 do 25% ogólnej masy. Dlatego też dalsze wyniki będzie się podawać w masie bezpopielnej.



Rys. 3. Zróżnicowanie masy roślinnej na poletkach w Jaktorowie i Oborach w poszczególnych fazach rozwojowych: 1 — początek wegetacji, 2 — I pokos, 3 — II pokos, 4 — koniec wegetacji. A — Jaktorów „O”, B — Jaktorów N 160, C — Obory N 240, D — Obory N 480

Przy analizie przemian energetycznych określa się w roślinach popiół i odejmuje się go od masy organicznej. Zastosowano tę metodę w stosunku do wyniku badań na łąkach jaktorowskich. Stosunki wynikające z badania masy bezpopielnej przedstawiono na rysunku 4 i w tabeli 2.

Ogólna masa bez popiołu jest mniejsza. Szczególnie dotyczy to darni i korzeni. Obraz stosunków między poszczególnymi fazami rozwoju pozostał ten sam z wyjątkiem darni na poletkach nawożonych. Tutaj wyraźnie redukuje się masa darni z wiosny ku jesieni, gdy na poletkach zerowych jest odwrotnie. Choć w ciągu 4 lat badań były pewne różnice w ilości masy darniowej w poszczególnych terminach, to jednak warto zwrócić uwagę na jeszcze jeden ważny i bezsporny fakt, że masa plonu



Rys. 4. Zróznicowanie masy bezpopielnej w Jaktorowie. (Oznaczenia jak na rys. 3)

rolniczego tak na „0” jak i na poletkach nawożonych stanowi stosunkowo mały procent. Na poletkach zerowych wynosi on tylko 18,7%, tzw. trzonu wegetatywnego, a na nawożonych 56,1%. W pierwszym przypadku jest jak 1:5,3, w drugim jak 1:1,8. Dopiero 1:1 lub nieco wyższy jest przy nawożeniu 880 kg NPK na ha w Oborach. (Wyższy, ponieważ nie uwzględniono tu zanieczyszczenia masy podziemnej ziemią oraz nie wzięto pod uwagę martwych korzeni).

Sprawa żywej i martwej masy roślinnej jest osobnym zagadnieniem i trudnym do rozstrzygnięcia w odniesieniu do części podziemnych roślin. W naszych badaniach była ona brana pod uwagę w plonie rolniczym i ścierni. W plonie rolniczym nie ma ona istotnego znaczenia. Natomiast w ścierni jest bardzo wartościowym wskaźnikiem przemian, jakie zachodzą w darni i masie korzeniowej w poszczególnych okresach sezonu wegetacyjnego.

Ciekawe liczby wynikają z zestawienia żywych i martwych części bezpopielnych ścierni. Ilustruje je tabela 3.

Na wiosnę w runi łąkowej jest minimalna ilość części żywych. Natomiast przy końcu wegetacji w ścierni przeważają żywe części roślin.

Tabela 2

Sucha masa bezpopielna na poletkach w Jaktorowie [g/m²]

| Biomasa | Fazy rozwojowe | | | | | | | | | | W sezonie IV-X |
|---|-------------------------|--------|---------------|--------|--------------------|--------|----------------------|--------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | IV — początek wegetacji | | V — kłoszenie | | VIII — drugi pokos | | X — koniec wegetacji | | | | |
| | 0 | NPK | 0 | NPK | 0 | NPK | 0 | NPK | 0 | NPK | |
| Liście i łodygi przyziemne (ścierń) | 376,3 | 440,4 | 379,9 | 478,6 | 382,5 | 380,3 | 407,7 | 392,9 | \bar{x} -386,6 | \bar{x} -423,0 | |
| Masa darni 0-5 cm | 956,7 | 1076,4 | 788,3 | 847,1 | 1020,9 | 793,8 | 1157,5 | 787,2 | \bar{x} -908,8 | \bar{x} -876-1 | |
| Korzenie 5-50 cm | 229,5 | 250,0 | 303,1 | 282,2 | 302,8 | 365,4 | 206,9 | 191,4 | \bar{x} -260,6 | \bar{x} -272,2 | |
| Razem bez plonu rolniczego | 1562,5 | 1766,8 | 1471,3 | 1507,9 | 1706,2 | 1539,5 | 1772,1 | 1371,5 | \bar{x} -1628,0 | \bar{x} -1571,4 | |
| Plon rolniczy | 16,9 | 59,2 | 143,6 | 420,5 | 139,5 | 383,4 | 4,0 | 18,0 | Σ -304,0 | Σ -881,1 | |

Tabela 3

Zróżnicowanie żywej i martwej materii bezpopielnej na poletkach w Jaktorowie w ciągu sezonu [g/m²]

| Biomasa przyziemna | Nawożenie | Fazy rozwojowe | | | | Różnica wiosna — jesień |
|--------------------|-----------|--------------------|-----------|-------------|------------------|-------------------------|
| | | początek wegetacji | kłoszenie | drugi pokos | koniec wegetacji | |
| Żywa | 0 | 83,2 | 133,3 | 124,5 | 143,7 | +57,9 |
| | NPK | 97,1 | 137,6 | 110,9 | 168,8 | +57,5 |
| Martwa | 0 | 293,1 | 225,6 | 258,0 | 264,0 | -9,0 |
| | NPK | 343,3 | 341,0 | 269,4 | 224,1 | -65,0 |

Na poletkach 0 przeżywa 31,5%, zamiera 68,5% (?).

Na poletkach NPK przeżywa 40,3%, zamiera 59,7% (?).

W ciągu lata wyraźnie maleje udział części martwych w runi łąkowej. Jest ich dość dużo na poletkach zerowych, gdy na NPK w jesieni notowano tylko 35% w stosunku do części żywych. Masa ta oczywiście rozkłada się lub tworzy „ściółkę”. Zima redukuje części żywe. Z liczb wynika, że redukcja ta jest stosunkowo większa na nawożonych, a nieco mniejsza na poletkach zerowych.

Na podstawie liczb 1973 r. obumieranie masy w okresie wegetacji można szacować na około 40%. Porównanie jesieni 1973 r. z wiosną 1974 r. wskazuje na to, że na poletkach zerowych zimę przeżyło około

Tabela 4

Kumulacja azotu w poszczególnych warstwach bezpopiołowej masy roślinnej (żywej i martwej) na poletkach w Jaktorowie [g/m²]

| Biomasa | Nawożenie | Fazy rozwojowe | | | | W sezonie |
|----------------------------|-----------|--------------------|-----------|-------------|------------------|------------------|
| | | początek wegetacji | kłoszenie | drugi pokos | koniec wegetacji | |
| Masa przyziemna (ściern) | 0 | 4,99 | 4,81 | 4,79 | 4,62 | \bar{x} -4,80 |
| | NPK | 8,18 | 7,14 | 4,85 | 5,14 | \bar{x} -6,32 |
| Masa darni 0-5 cm | 0 | 12,14 | 10,27 | 9,01 | 13,20 | \bar{x} -11,15 |
| | NPK | 17,21 | 11,20 | 8,27 | 10,58 | \bar{x} -11,81 |
| Korzenie 5-50 cm | 0 | 3,12 | 3,61 | 2,61 | 2,23 | \bar{x} -2,89 |
| | NPK | 4,10 | 3,72 | 3,39 | 2,20 | \bar{x} -3,35 |
| Razem bez plonu rolniczego | 0 | 20,25 | 18,69 | 16,41 | 20,11 | \bar{x} -18,86 |
| | NPK | 29,49 | 22,06 | 16,51 | 17,92 | \bar{x} -21,49 |
| Plon rolniczy | 0 | 0,25 | 2,68 | 2,19 | 0,05 | Σ -5,17 |
| | NPK | 0,82 | 8,90 | 7,28 | 0,23 | Σ -17,23 |

54% biomasy, a na poletkach nawożonych ok. 48%. To oznacza, że redukcja w wypadku pierwszym wyniosła ok. 46%, a w drugim ok. 52%.

Natomiast przyrosło między początkiem i końcem wegetacji w r. 1973: na „0” $60,5 \text{ g/m}^2 = 72,7\%$, na NPK $71,7 \text{ g/m}^2 = 73,8\%$.

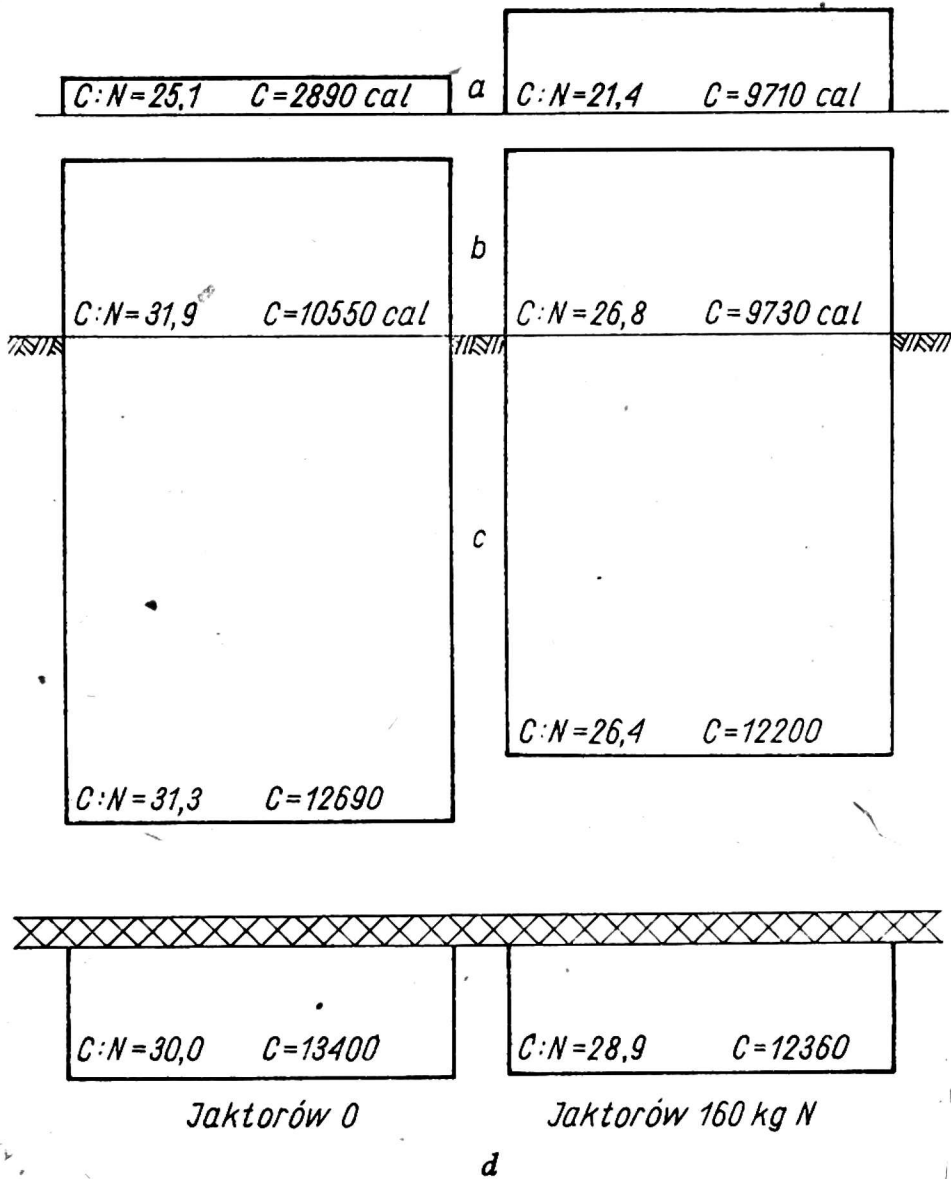
Najwięcej węgla kumuluje darnń, następnie ściern. Korzenie (z racji stosunkowo małej masy) gromadzą go w ilości ok. $\frac{1}{6}$ całej biomasy pozostającej po sprzęcie plonu na łące. W ciągu poszczególnych faz rozwojowych jego ilość w ścierni, darni i korzeniach na poletkach zerowych utrzymuje się na mniej więcej równym poziomie. Tendencję spadkową od wiosny ku jesieni obserwuje się na poletkach nawożonych. Plon rolniczy wynosi ze sobą tylko część węgla zawartego w masie ogólnej. Na poletkach zerowych wynosi ona jedynie 22%, a na nawożonych — 64% w stosunku do tego, co zostaje w łące. Podane w tabeli 5 średnie dla sezonu są tylko danymi orientacyjnymi, ponieważ są to średnie arytmetyczne.

Tabela 5

Kumulacja węgla w poszczególnych warstwach bezpopiołowej masy roślinnej (żywej i martwej) na poletkach w Jaktorowie [g/m^2]

| Biomasa | Nawożenie | Fazy rozwojowe | | | | W sezonie |
|----------------------------|-----------|--------------------|-----------|-------------|------------------|------------------|
| | | początek wegetacji | kłoszenie | drugi pokos | koniec wegetacji | |
| Masa przyziemna (ściern) | 0 | 150,8 | 149,0 | 159,0 | 154,9 | \bar{x} -153,4 |
| | NPK | 178,1 | 185,3 | 155,8 | 161,4 | \bar{x} -170,1 |
| Masa darni 0-5 cm | 0 | 380,4 | 295,1 | 364,5 | 354,4 | \bar{x} -348,7 |
| | NPK | 398,6 | 327,3 | 257,6 | 263,6 | \bar{x} -211,8 |
| Korzenie 5-50 cm | 0 | 83,6 | 98,4 | 110,6 | 64,8 | \bar{x} -89,3 |
| | NPK | 87,1 | 98,4 | 132,2 | 69,3 | \bar{x} -96,8 |
| Razem bez plonu rolniczego | 0 | 614,8 | 542,5 | 634,1 | 574,1 | \bar{x} -591,4 |
| | NPK | 663,8 | 611,0 | 545,6 | 494,3 | \bar{x} -578,7 |
| Plon rolniczy | 0 | 7,3 | 62,3 | 58,7 | 1,62 | Σ -129,9 |
| | NPK | 24,8 | 180,8 | 157,1 | 6,51 | Σ -369,2 |

Kaloryczność masy roślinnej (bezpopyelnej) łąk jaktorowskich charakteryzują rysunek 5 i tabela 6. Dane wskazują na równą ilość kalorii na poletkach nawożonych i nie nawożonych (jeśli do całości dodaje się plon rolniczy). Jeśli plon rolniczy traktować oddzielnie, to na łące nie nawożonej potencjał kaloryczny pozostający w łące jest większy niż na nawożonej. Różnica wynika głównie z większych zasobów darni. Węgiel



Rys. 5. Kaloryczność masy roślinnej bezpopielnej na poletkach w Jaktorowie, w kaloriach na 1 m² (m. żywa i martwa)

w ścierni, w darni i korzeniach jest „bardziej kaloryczny” na parcelach zerowych. Stosunek węgla do azotu jest tu szerszy niż na parcelach nawożonych. Pod względem pożywki bakteryjnej masa organiczna poletek nawożonych ma większą wartość niż zerowych, ale energii te ostatnie kumulują mniej niż poletka zerowe.

Zdecydowana większość energii pozyskanej z radiacji słonecznej zostaje w łące. Z łąki nie nawożonej rolnik jest w stanie odebrać tylko ok. 18% kalorii w stosunku do zgromadzonych w masie pozostającej po zbiorze plonu rolniczego. Na łące nawożonej 160 kg N rolnik zabiera już 54% w stosunku do masy pozostałej liczonej za 100. Powstaje pytanie, kiedy zbierany przez rolnika plon narusza fitocenotyczny układ użytku, prowadząc do wyczerpania trzonu regeneracyjnego łąki trwałej, a zatem do jej degradacji biologicznej i użytkowej.

Dane z Obór wskazują, że na madzie ciężkiej przy nawożeniu 240 kg N na ha i plonie biologicznym zbieranym w wysokości 1441 g z m²

Tabela 6

Kaloryczna wartość masy roślinnej bezpopiołowej (żywej i martwej) na poletkach w Jaktorowie [Kcal/m²]

| Biomasa | Nawo- żenie | Fazy rozwojowe | | | | W sezonie |
|----------------------------------|----------------|-----------------------|-----------|----------------|---------------------|------------------|
| | | początek wegetacji | kłoszenie | drugi pokos | koniec wegetacji | |
| Masa przy- ziemna (ściern) | 0 | 15,87 | 15,63 | 16,13 | 17,11 | \bar{x} -16,18 |
| | NPK | 17,13 | 18,72 | 15,09 | 15,29 | \bar{x} -16,56 |
| Masa darni 0-5 cm | 0 | 41,61 | 33,64 | 46,71 | 55,06 | \bar{x} -44,25 |
| | NPK | 48,20 | 36,24 | 33,73 | 34,04 | \bar{x} -38,05 |
| Korzenie 5-50 cm | 0 | 10,03 | 13,42 | 14,95 | 9,51 | \bar{x} -11,98 |
| | NPK | 10,88 | 12,09 | 16,02 | 8,85 | \bar{x} -11,96 |
| Razem bez plonu rolniczego | 0 | 67,51 | 62,69 | 77,79 | 81,68 | \bar{x} -72,42 |
| | NPK | 76,21 | 67,05 | 64,84 | 58,18 | \bar{x} -66,57 |
| Plon rolniczy | 0 | 0,70 | 6,15 | 5,83 | 0,26 | Σ -12,84 |
| | NPK | 2,37 | 17,48 | 15,26 | 0,73 | Σ -35,85 |

stosunek masy zbieranej do masy pozostającej w łące kształtuje się jak 1:1,14 i nie wykazuje degradacji. Natomiast przy nawożeniu 480 kg N na ha i stosunku masy zbieranej do pozostałej jak 1:1, wykazuje wyraźną degradację polegającą na wypadnięciu z runi ok. 30 gatunków roślin i pojawieniu się 30% wolnej powierzchni w darni. Wygląda na to, że przekroczyło się stopień racjonalnego stymulowania plonu nawożeniem.

ZAGADNIENIE W ŚWIETLE LITERATURY

Energetyczne podejście do zagadnień prosperowania i produkcji różnych ekosystemów datuje się w ekologii od niedawna, chociaż Boltzman już w latach 1890 stworzył podstawy współczesnej teorii promieniowania i wyjaśnił drugą zasadę termodynamiki [3]. Prekursorem energetycznych podstaw oceny produktywności ekosystemów jest Odum [5], który uważa, że jest to najlepszy syntetyczny wskaźnik zarówno dla wyrażenia dynamiki systemów bioekologicznych, jak też ich wydajności. Stąd wywodzą się prace De Wita [11], Gatesa [2] i innych. Lieth i Whittaker w 14 tomie „Studiów Ekologicznych” pt. „Primary productivity of the biosphere” w 1975 r. przedstawili dane o produkcji pierwotnej na całym globie ziemskim. Wykorzystali oni w tym celu wyniki Międzynarodowe-

go Programu Biologicznego (IBP) prowadzonego pod auspicjami UNESCO. Polska również brała udział w tych badaniach. Z ramienia Instytutu Ekologii PAN koordynował je Traczyk. Badania w Jaktorowie były prowadzone przez 4 lata [9] w ramach tego programu.

Liczne publikacje, jakie ukazały się w oparciu o zebrane materiały [10] nie rozpatrują jednak problemu zasobów energetycznych w poszczególnych warstwach prątocozy. Koncentrują się one na stanie biomasy roślinnej i zwierzęcej w systemie i na zagadnieniu produkcji pierwotnej i wtórnej łąk. O niej też w stosunku do ogólnego światowego obszaru prątocozy mówił na Kongresie Łąkarskim w Lipsku Alberda [1], ukazując jak ogromny potencjał produkcyjny przedstawiają tego rodzaju użytki.

Wyzwolenie tego potencjału idzie różnymi drogami. Tam gdzie zasoby wodą są dostateczne wzrost plonów bazuje na nawożeniu. Zmienia ono jednak radykalnie skład florystyczny zbiorowisk i stosunek masy zbieranej przez rolnika do masy jaka zostaje na łące, stanowiąc o jej corocznym odradzaniu się i trwałości. Im wyższe nawożenie (szczególnie azotowe) tym więcej przyrasta masy nadziemnej i tym w ogólnej masie mniej stanowi ściern, rozłogi i masa korzeniowa. Wykazała to na Brudnie Plewczyńska-Kuraś [8] i wykazują nasze badania [7, 9]. Drugim niepokojącym zjawiskiem jest rozrzedzanie się zbiorowiska roślinnego i powstawanie nagich miejsc w darni [6, 7]. Jest to już wyraźny objaw degradacji, skracający trwałość użytku i jego zdolność kumulowania energii słonecznej.

W tej sytuacji najbardziej istotnym zagadnieniem jest takie wypośrodkowanie dawek nawozowych, aby zasób węgla i azotu w żywej masie, pozostającej na łące po sprzęcie plonu, umożliwiał regenerację i maksymalne narastanie biomasy użytkowej — nie tylko w roku następnym po sprzęcie, ale też przy długoletnim użytkowaniu łąki. Wydaje się, że granicę określa stosunek suchej masy zbieranej do pozostałej jak $1 : >1$ na korzyść tej ostatniej. Na glebach mineralnych osiąga się to już przy 240 kg azotu nawozowego na ha, a na glebach organicznych zapewne niżej — jak to wynika z badań [8]. Używając określenia „wydaje się” chcemy wskazać na szczupłość badań w tym zakresie i nieodzowną potrzebę ich poszerzenia.

Przeprowadzone badania pozwalają na wysunięcie następujących wniosków:

1. Nawożenie zmienia na łące trwałe stosunek masy zbieranej na paszę do masy pozostającej w siedlisku na korzyść masy zbieranej. Z tych przyczyn w stosunku do tworzonych plonu ubożeje potencjał rozrodczy użytku i dochodzi do degradacji zadarnienia.

2. Póki masa zbierana jest mniejsza od masy pozostającej w darni i ryzosferze póty nie obserwuje się wyraźnych oznak degradacji łąki trwałej. Wyraźne obawy degradacji zachodzą już nawet przy stosunku masy zbieranej do pozostającej w siedlisku jak 1:1.

3. Żywa masa roślinna, pozostająca w siedlisku po sprzęcie plonu, stanowi potencjał energetyczny użytku dzięki kumulacji węgla i azotu. Największy potencjał zazwyczaj pozostaje w darni. Na poletkach zero-owych stanowi on ok. $\frac{4}{5}$ ogólnej energii narastającej w biomacie — na nawożonych zaś ok. $\frac{2}{3}$ całości. Masa organiczna poletek nawożonych odznacza się przy tym węższym stosunkiem C i N niż poletek „zerowych”.

4. Trwałość użytku zależy od potencjału energetycznego (w postaci węgla), jaki pozostaje w darni i ryzosferze po sprzęcie plonu. Ponieważ nawożenie azotowe „przesuwa” potencjał energetyczny z darni i ryzosfery do masy zbieranej, przeto musi być tak ograniczone, aby w darni zostało więcej węgla niż się go wynosi z plonem.

LITERATURA

1. Alberda Th.: Möglichkeiten der Trockenmasseproduktion von Futterpflanzen unter verschiedenen Klimabedingungen. Materiały z Kongresu Łąkarskiego w Lipsku, 1977.
2. Gates D. M.: Energy exchange in the biosphere. Proc. Copenhagen. Symp. 1965. Paris UNESCO, 1968.
3. Lieth H.: Historical Survey of Primary Productivity Research, Ecological Studies 14, 1975.
4. Lieth H., and Whittaker R. H.: Primary Productivity of the Biosphere. Springer — Verlag, Berlin Heidelberg York, 1975.
5. Odum E. P.: Podstawy ekologii. PWRiL. Warszawa, 1977.
6. Pasternak D., Kotowska J.: Mineral fertilization and Sward structure. Polish Ecological Studies, vol. 2, nr. 4, 1976.
7. Pawłat H.: Wpływ niektórych czynników ekologicznych na stosunek masy nadziemnej do masy podziemnej roślin łąkowych. Zeszyty Naukowe SGGW-AR, Melioracje Rolne 16, Warszawa, 1977.
8. Plewczyńska-Kuraś U.: Estimation of biomass of the underground parts of meadow herbage in the three variants of fertilization. Polish Ecological Studies, vol. 2, nr. 4, 1976.
9. Tołwińska M.: Produkcja biomasy a plon rolniczy na łąkach w Jaktorowie. Roczn. Nauk rol. seria A, t. 102, z. 4, 1977.
10. Traczyk T.: The effect of intensive fertilization on the structure and productivity of meadow ecosystems. Polish Ecological Studies, vol. 2, nr 4, 1976.
11. Wit. C. T. de: Dynamic concept: biology. Prediction and measurement of photosynthetic productivity. Proc. of the IBP/PP Wageningen, 1970.

Ю. Проньчук, М. ТолвиньскаУРОЖАЙ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РАСТИТЕЛЬНОЙ МАССЫ В БИОТОПЕ
РАЗЛИЧНО УДОБРЯЕМЫХ ЛУГОВ

Резюме

Опыты проводились на стационарных лугах в Якторове и в Оборах (вблизи Варшавы) на минеральных почвах характеризующихся средней влажностью. Минеральные удобрения вносились в дозах от 0 до 880 кг/га NPK. Растительный материал исследовался в 1973 г. Образцы растений отбирались в 4 срока (6 IV, 2 VI, 13 VIII и 26 X) в 2-х слоях над землёй и в 5-ти слоях под поверхностью дёрна.

На основании проведённых исследований установлено, что на делянках без минеральных удобрений надземная масса и остающаяся после косыбы „стерня” значительно превышает сельскохозяйственный урожай. На делянках удобряемых NPK этот урожай составлял около половины общей биомассы, а на неудобряемых около 18%. Высокие дозы удобрений повышают сельскохозяйственный урожай, а уменьшают массу остающую на лугу. Анализ энергетических запасов показал, что большинство энергии солнечной радиации остаётся после уборки урожая в приземной и корневой массе.

Внесение высоких доз N (например в Оборах 480 кг/га) „передвигает” энергетический потенциал из дёрна и корней в массу растений, которая собирается земледельцем, что вызывает деградацию луга — прореживание дёрна и образованию слишком большого количества жест без дёрна.

J. Prończuk, M. TołwińskaYIELD AND DISTRIBUTION OF BIOMASS OF DIFFERENTLY FERTILIZED
PERENNIAL MEADOWS

Summary

The investigation conducted in two areas Jaktorów and Obory have aimed at defining the values of overground and underground biomass of vegetation on perennial meadows. These meadows were grown on optimally moistened mineral soils. Applied fertilization ranged from zero to 880 kg NPK per hectare.

The overground biomass was examined in the level of 0-5 cm (stubble) and above 5 cm (productive crop); the underground one in the 0-5 cm and 5-50 cm depth layers. Samples were taken at different time intervals: April 6, June 2, August 13, October 26.

It was found that, on plots without fertilization, the productive crop reached only 18% of total biomass, whereas, on fertilized plots, as much as, 50%.

High fertilization doses increases productive crop but reduces the stubble and underground mass. Analysis of energy resources have shown that most of the energy derived from sun radiation remains in the sward and roots. Fertilization with high doses of N (eg. in „Obory” with the use of 480 kg/ha) changes the energy potential from the sward and roots to the productive crop. This causes degradation of the meadow with the loosening of sward and showing up of a lot of unwarded spots.