

Ryszard BARYŁA, Halina LIPIŃSKA

**Efektywność nawożenia azotem łąk w siedliskach pobagiennych rejonu
Kanału Wieprz-Krzna**

The Efficiency of Nitric Fertilization of the Meadows of Post-Swampy Habitats of the
Wieprz-Krzna Canal Area

Plony paszy z użytków zielonych zależą od wielu czynników, zarówno agrotechnicznych, jak i siedliskowych. Do najważniejszych czynników plonotwórczych, decydujących w dużym stopniu o plonach paszy z łąk i pastwisk należy nawożenie, zwłaszcza azotem (1, 3, 8, 9, 10, 11). Jednak w warunkach gleb organicznych (torfowo-murszowych i mineralno-murszowych) rola azotu nawozowego jako czynnika plonotwórczego jest ograniczona. Wynika to z możliwości korzystania przez roślinność zbiorowisk trawiastych z azotu glebowego, który w wyniku procesu mineralizacji jest dostępny dla roślin (1, 5, 6, 8). Ilość przyswajalnego dla roślin azotu glebowego uzależniona jest natomiast od stopnia intensywności tego procesu, a więc od warunków siedliskowych (zwłaszcza właściwości fizyko-wodnych gleb). Do czynników siedliskowych mających wpływ na plonowanie użytków zielonych należą: rodzaj gleby, opady, poziom wody gruntowej, temperatura powietrza (2, 13). Wykorzystując funkcję produkcji można określić związki pomiędzy nawożeniem a plonami, uwzględniając inne czynniki plonotwórcze (4, 7, 12, 13, 14).

Celem badań było określenie efektywności nawożenia łąk azotem w warunkach gleb torfowo-murszowych i mineralno-murszowych z uwzględnieniem innych czynników plonotwórczych (czynników siedliskowych).

METODYKA BADAŃ

Analizę efektywności nawożenia azotem łąk przeprowadzono w oparciu o uzyskane plony z doświadczeń nawozowych przeprowadzonych w dwu różnych warunkach siedliskowych rejonu kanału Wieprz-Krzna. W powyższych badaniach uwzględniono sześć poziomów nawożenia azotem (0, 60, 120, 180, 240, 300 N kg · ha⁻¹) wysiewając po 1/2 dawki wiosną i po zbiorze pierwszego pokosu. Łącznie z azotem, corocznie wiosną stosowano jednorazowo nawożenie fosforem (72 kg P₂O₅) i potasem (120 K₂O kg · ha⁻¹). Badania zlokalizowano na dwóch obiektach melioracyjno-łąkowych; Piwonia-Przewłoka-Uhlin (łąki należące do rolników wsi Sosnowica) i Piwonia Górna I (łąki należące do rolników wsi Orzechów Stary). W Sosnowicy badania terenowe prowadzono

w latach 1974-1986 na glebie torfowo-murszowej (Mt I), wytworzonej z torfu turzycowiskowego na torfie szuwarowym. Natomiast w Orzechowie Starym w latach 1974-1984 na glebie mineralno-murszowej (Mmr) wytworzonej z torfu mechowiskowego na piasku. Wymienione gleby charakteryzowały się niską zasobnością w składniki pokarmowe oraz kwaśnym odczynem (pH - 4,8).

Statystyczną analizę efektywności nawożenia azotem łąk przeprowadzono oddzielnie dla każdej miejscowości w oparciu o plony sumaryczne z poszczególnych lat (corocznie zbierano plon z trzech odrostów) oraz oddzielnie dla plonów z pierwszych i drugich odrostów w każdej miejscowości. Do statystycznego opracowania przyjęto zmienną zależną - plon siana w $t \cdot ha^{-1}$ (Y) oraz następujące zmienne niezależne (X):

- X₁ - nawożenie azotem w $kg \cdot ha^{-1}$
- X₂ - suma opadów w okresie pierwszego odrostu runi w mm
- X₃ - suma opadów w okresie drugiego odrostu runi w mm
- X₄ - suma opadów w okresie wegetacyjnym w mm
- X₅ - średnia temperatura powietrza w okresie pierwszego odrostu runi w °C,
- X₆ - średnia temperatura powietrza w okresie drugiego odrostu runi w °C
- X₇ - średnia temperatura powietrza w okresie wegetacyjnym w °C,
- X₈ - średni poziom wody gruntowej w okresie pierwszego odrostu runi w cm,
- X₉ - średni poziom wody gruntowej w okresie drugiego odrostu runi w cm,
- X₁₀ - średni poziom wody gruntowej w okresie wegetacyjnym w cm,
- X₁₁ - liczba dni wegetacji w okresie pierwszego odrostu runi,
- X₁₂ - liczba dni wegetacji w okresie drugiego odrostu runi,
- X₁₃ - liczba dni okresu wegetacji.

W celu kompleksowego ujęcia zależności plonów siana od nawożenia azotem i uwzględnionego zespołu czynników siedliskowych (zmiennych niezależnych) zastosowano metodę korelacji i regresji. Zależność plonów siana z pierwszego odrostu analizowano uwzględniając obok nawożenia azotem zmienne niezależne X₂, X₅, X₈, X₁₁, a plonów z drugiego odrostu zmienne niezależne X₃, X₆, X₉, X₁₂.

Natomiast niezależność sumarycznych plonów siana z poszczególnych miejscowości od uwzględnionego w badaniach nawożenia azotem określono wykorzystując we wstępnej analizie wszystkie wymienione niezależne (X₂-X₁₃). Dla określenia efektywności nawożenia azotem poszczególnych łąk w poszczególnych odrostach przyjęto poziom zastosowanego azotu - 0, 30, 60, 120, 150, $kg \cdot ha^{-1}$ tj. 1/2 całej zastosowanej dawki N.

W oparciu o współczynniki korelacji prostej przeprowadzono wstępną analizę związków pomiędzy zmiennymi i dokonano wyboru odpowiedniego modelu funkcji. Zależność plonów siana z pierwszych odrostów (pokosów) od nawożenia azotem analizowano po uwzględnieniu sumy opadów, średniej temperatury powietrza, średniego poziomu wody gruntowej oraz liczby dni okresu wegetacji w okresie wzrostu runi pierwszego odrostu. Analogicznie przyjęto zmienne dla określenia zależności plonów z drugich odrostów w poszczególnych miejscowościach. Natomiast zależność sumarycznych plonów siana od zastosowanego nawożenia azotem określono biorąc pod uwagę sumę opadów w okresie wzrostu runi drugiego pokosu, średnią temperaturę powietrza okresu wegetacji i średni poziom wody gruntowej w okresie wegetacji.

WYNIKI BADAŃ

Z charakterystyki zmiennych niezależnych dla danych z poszczególnych pokosów wynika, że średnie plony siana w obu miejscowościach były zbliżone, zwłaszcza z pierwszego odrostu (tab. 1).

Stwierdzono natomiast dużą zmienność w poszczególnych miejscowościach, a głównie z drugich odrostów (powyżej 30% - tab. 2). Uwarunkowane to było dużym zróżnicowaniem warunków klimatycznych przede wszystkim ilością opadów w badanych okresach (36-40%) oraz poziomem wód gruntowych (do 28%).

Ze wstępnej analizy związków pomiędzy plonami siana z poszczególnych pokosów a uwzględnionymi w analizie zmiennymi niezależnymi wynika, że największy wpływ na plony siana miało nawożenie azotem, zwłaszcza w Sosnowicy z pierwszego odrostu, a w

Tab. 1. Statystyczna charakterystyka zmiennych dla plonów z pierwszego pokosu oraz wartość współczynników korelacji prostej pomiędzy plonem siana a poszczególnymi zmiennymi
 A statistical characterization of the variables for the first cutting yields and the value of linear correlation coefficients between the hay yield and particular variables

Zmienna	Sosnowica			Orzechów		
	średnia	współczynnik zmienności (%)	współczynnik korelacji	średnia	współczynnik zmienności (%)	współczynnik korelacji
Y - plon siana w t · ha ⁻¹	4,23	25,3	-	4,30	20,8	-
X ₁ - nawożenie N w kg · ha ⁻¹	75,0	68,4	0,345	75,0	68,4	0,313
X ₂ - suma opadów w okresie odrostu runi I - go pokosu (mm)	92,1	29,9	0,108x	95,8	29,5	0,124x
X ₅ - średnia temperatura powietrza w okresie odrostu runi I - go pokosu (°C)	10,5	7,6	-0,172	10,4	7,8	0,398
X ₈ - średni poziom wody gruntowej w okresie odrostu runi I - go pokosu (cm)	50,2	25,1	0,002x	53,5	23,9	-0,013x
X ₁₁ - liczba dni okresu wegetacji runi I - go pokosu	65,6	10,8	-0,183	65,5	11,2	-0,285
Współczynnik korelacji wielokrotnej			0,560			0,563
Współczynnik determinacji (%)			31,4			31,7

x - wartość współczynnika nieistotna (P_{0,05})
 liczebność próby: Sosnowica 312, Orzechów 264

Tab. 2. Statystyczna charakterystyka zmiennych dla plonów z drugiego pokosu oraz wartość współczynników korelacji prostej pomiędzy plonem siana a poszczególnymi zmiennymi

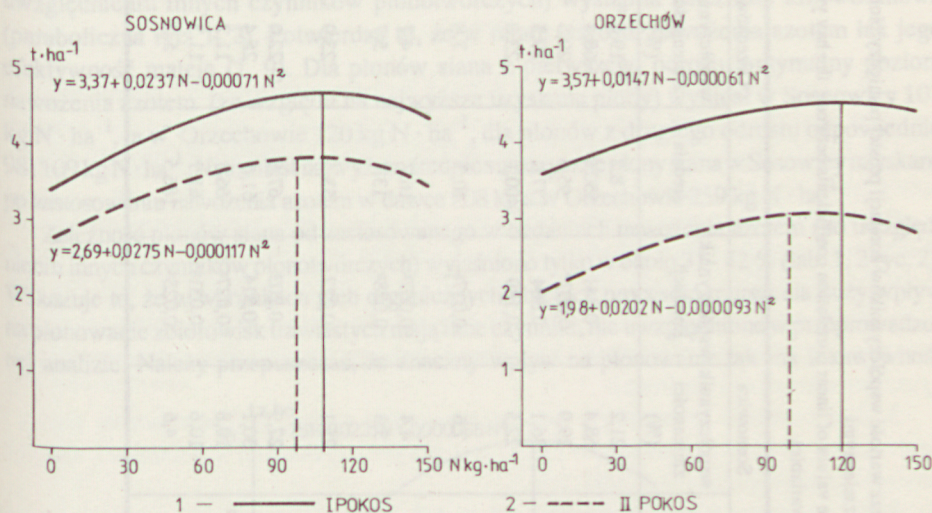
A statistical characterization of the variables for the second cutting yields and the value of linear correlation coefficients between the hay yield and particular variables

Zmienna	Sosnowica			Orzechów		
	średnia	współczynnik zmienności (%)	współczynnik korelacji	średnia	współczynnik zmienności (%)	współczynnik korelacji
Y - plon siana w t · ha ⁻¹	3,43	30,7	-	2,74	34,4	-
X ₁ - nawożenie N w kg · ha ⁻¹	75,0	68,4	0,256	75,0	68,4	0,346
X ₃ - suma opadów w okresie odrostu runi II - go pokosu (mm)	179,2	36,1	- 0,362x	177,0	39,5	0,294
X ₆ - średnia temperatura powietrza w okresie odrostu runi II - go pokosu (°C)	16,6	4,4	-0,095x	16,6	4,4	-0,102x
X ₉ - średni poziom wody gruntowej w okresie odrostu runi II - go pokosu (cm)	67,2	27,9	0,259	67,6	22,0	0,004x
X ₁₂ - liczba dni okresu wegetacji runi II - go pokosu	61,1	10,6	-0,012x	61,4	11,2	0,378
Współczynnik korelacji wielokrotnej			0,652			0,593
Współczynnik determinacji (%)			42,5			35,2

x - wartość współczynnika korelacji nieistotna (P_{0,05})

liczebność próby: Sosnowica 312, Orzechów 264

Orzechowie z drugiego odrostu (tab. 1, 2). Nieco niższy wpływ nawożenia azotem na plony siana z drugiego odrostu w Sosnowicy może wynikać z intensywniejszego procesu mineralizacji substancji organicznej gleby w okresie letnim i możliwości korzystania przez roślinność z azotu glebowego (5).



Ryc. 1. Zależność plonów siana $t \cdot ha^{-1}$ z I i II pokosu od poziomu nawożenia azotem; 1 - pokos I, 2 - pokos II
The relationships between hay yields $t \cdot ha^{-1}$ from the first and the second cuttings and the level of nitric fertilization;
1 - first cutting, 2 - second cutting

Znacznie mniejszy wpływ na plony siana miały inne czynniki. Na podkreślenie zasługuje duża zależność plonów siana z drugiego odrostu runi od ilości opadów i poziomu wody gruntowej.

W Sosnowicy współczynnik korelacji pomiędzy plonami i ilością opadów był ujemny, a poziom wody gruntowej dodatni. Wskazuje to, że nadmierna ilość opadów w tym okresie powodowała ograniczenie plonowania, a niższy poziom wody gruntowej (uzależniony również od ilości opadów) sprzyjał uzyskaniu wyższych plonów. Podobną zależność stwierdzono również pomiędzy długością okresu wegetacyjnego w poszczególnych odrostach a plonami siana (tab. 1, 2). Dla plonów z pierwszego odrostu współczynniki korelacji były ujemne a dla drugiego wysoce dodatnie. W Orzechowie ujemna wartość współczynników korelacji była wynikiem występowania często w okresie wiosennym przymrozków, które powodowały przemarzanie niektórych gatunków traw. Powodowało to na ogół wydłużanie okresu wegetacji i uzyskanie zazwyczaj niższych plonów. Analizując średnie sumaryczne (roczne) plony siana stwierdzono ich znaczne zróżnicowanie w poszczególnych miejscowościach. W Orzechowie były one ok. $1,0 t \cdot ha^{-1}$ niższe w porównaniu z Sosnowicą, a zmienność plonów w poszczególnych latach w obu miejscowościach wahała się w przedziale 19,6 - 21,2% (tab. 3). Z analizowanych czynników (zmiennych niezależnych) mających wpływ na uzyskane plony wynika, że największy wpływ miało nawożenie azotem (współczynnik korelacji w Sosnowicy 0,341, a w Orzechowie 0,460). Z czynników siedliskowych natomiast największy wpływ miały opady, zwłaszcza w okresie odrostu runi drugiego pokosu (w Sosnowicy zależność ujemna a w

Tab. 3. Statystyczna charakterystyka zmiennych dla plonów sumarycznych oraz wartość współczynników korelacji prostej pomiędzy plonem siana a poszczególnymi zmiennymi

A statistical characterization of the variables for the total yields and the values of linear correlation coefficients between the hay yield and particular variables

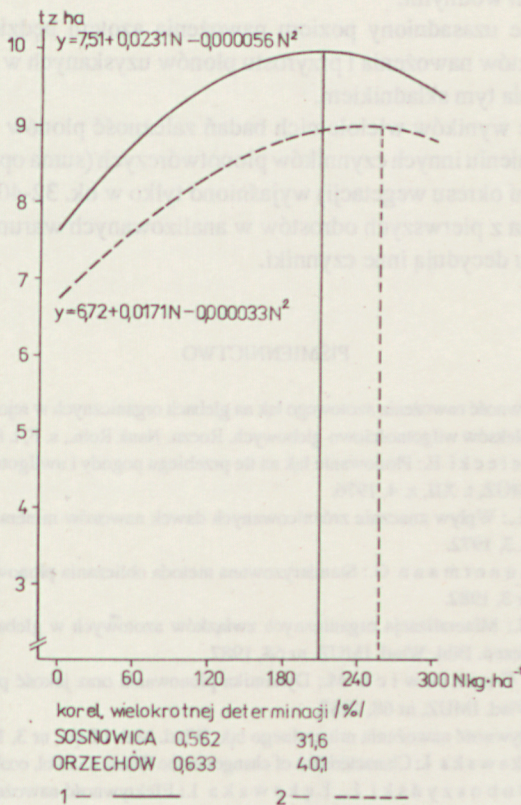
Zmienna	Sosnowica			Orzechów		
	średnia	współczynnik zmienności (%)	współczynnik korelacji	średnia	współczynnik zmienności (%)	współczynnik korelacji
Y - plon siana w $t \cdot ha^{-1}$	9,2	21,2	-	8,2	19,6	-
X ₁ - nawożenie N w $kg \cdot ha^{-1}$	150,0	68,4	0,341	150,0	68,4	0,460
X ₂ - suma opadów w okresie odrostu runi I - go pokosu (mm)	92,1	29,9	0,007*	95,8	29,5	-0,037*
X ₃ - suma opadów w okresie odrostu runi II - go pokosu (mm)	179,2	36,1	-0,304	177,0	39,5	0,153
X ₄ - suma opadów okresu wegetacji (mm)	402,6	22,5	-0,189	400,1	23,8	-0,027*
X ₅ - średnia temperatura powietrza w okresie odrostu runi I - go pokosu (°C)	10,5	7,6	-0,017*	10,3	7,8	0,277
X ₆ - średnie temperatury powietrza w okresie odrostu II - go pokosu (°C)	16,6	4,4	0,067*	16,7	4,7	-0,048*
X ₇ - średnie temperatury powietrza okresu wegetacji (°C)	13,8	5,3	0,028*	13,7	5,7	0,232
X ₈ - średni poziom wody gruntowej w okresie odrostu runi I - go pokosu (cm)	50,2	25,1	0,227	53,5	23,9	0,158
X ₉ - średni poziom wody gruntowej w okresie odrostu runi II - go pokosu (cm)	67,2	27,9	0,203	67,6	22,0	0,145
X ₁₀ - średni poziom wody w okresie wegetacji (cm)	60,1	30,1	0,314	61,6	25,4	0,170
X ₁₁ - liczba dni okresu wegetacji runi I - go pokosu	65,6	10,8	-0,027*	66,5	11,2	-0,370
X ₁₂ - liczba dni okresu wegetacji runi II - go pokosu	61,2	10,6	-0,031*	61,5	11,3	0,086
X ₁₃ - liczba dni całego okresu wegetacji	186,1	4,6	0,025*	186,5	5,0	-0,159

x - wartość współczynnika korelacji nieistotna ($P_{0,05}$)
 liczebność próby: Sosnowica 312, Orzechów 264

Orzechowie dodatnia), średnia temperatura powietrza oraz poziom wody gruntowej w okresie wegetacji (tab. 3). Zależność plonów była największa i udowodniona statystycznie od tych czynników siedliskowych, które charakteryzowały się największą zmiennością w okresie prowadzenia badań.

Obliczone funkcje wykazały, że pomiędzy plonami siana a nawożeniem azotem (po uwzględnieniu innych czynników plonotwórczych) wystąpiła zależność krzywoliniowa (paraboliczna ryc. 1, 2). Potwierdza to, że w miarę wzrostu nawożenia azotem łąk jego efektywność maleje (1, 9). Dla plonów siana z pierwszego odrostu optymalny poziom nawożenia azotem (ze względu na najwyższe uzyskane plony) wyniósł w Sosnowicy 107 $\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$, a w Orzechowie 120 $\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$, dla plonów z drugiego odrostu odpowiednio 98 i 109 $\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$. Natomiast najwyższe średnie sumaryczne plony siana w Sosnowicy uzyskano po zastosowaniu nawożenia azotem w dawce 208 kg a w Orzechowie 259 $\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Zależność plonów siana od zastosowanego w badaniach nawożenia azotem (po uwzględnieniu innych czynników plonotwórczych) wyjaśniono tylko w około 31 - 42 % (tab. 1, 2 ryc. 2). Wskazuje to, że w warunkach gleb organicznych objętych procesem murszenia duży wpływ na plonowanie zbiorowisk trawiastych mają inne czynniki, nie uwzględnione w przeprowadzonej analizie. Należy przepuszczać, że znaczny wpływ na plonowanie łąk ma intensywność



Ryc. 2. Zależność średnich sumarycznych plonów siana ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$) od poziomu nawożenia azotem; 1 - Sosnowica, 2 - Orzechów
The relationships between the total hay yields ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$) and the level of nitric fertilization; 1 - Sosnowica, 2 - Orzechów

procesu mineralizacji substancji organicznej, która zależy od warunków wilgotnościowo-powietrznych i termicznych gleb, pokrywy roślinnej i nawożenia (5, 6, 9). Określenie natomiast ekonomicznie uzasadnionego poziomu nawożenia azotem jest możliwe po uwzględnieniu wartości uzyskanej produkcji (12).

WNIOSKI

1. Poziom nawożenia azotem łąk na glebach torfowo-murszowych i mineralno-murszowych uzależniony jest od szeregu czynników siedliskowych, głównie ilości opadów, poziomu wody gruntowej. Czynniki te warunkują przebieg intensywności procesu mineralizacji substancji organicznej.

2. Za optymalny poziom nawożenia azotem łąk w badanych warunkach siedliskowych (biorąc pod uwagę uzyskane maksymalne plony), można przyjąć odpowiednio: ok. 100-120 kg N dla pierwszego odrostu runi, ok. 100-110 kg N dla drugiego odrostu runi oraz ok. 200-250 dla plonów sumarycznych (z całego okresu wegetacji). Wyższy plon nawożenia należy uwzględnić w warunkach gleb mineralno-murszowych, które charakteryzują się gorszymi warunkami wodnymi.

3. Ekonomicznie uzasadniony poziom nawożenia azotem będzie znacznie niższy i uzależniony od kosztów nawożenia i przyrostu plonów uzyskanych w warunkach różnych poziomów nawożenia tym składnikiem.

4. Na podstawie wyników wieloletnich badań zależność plonów siana od nawożenia azotem po uwzględnieniu innych czynników plonotwórczych (suma opadów, poziom wody gruntowej, liczba dni okresu wegetacji) wyjaśniono tylko w ok. 32-40 %. Wskazuje to, że o plonach, zwłaszcza z pierwszych odrostów w analizowanych warunkach siedliskowych w znacznym stopniu decydują inne czynniki.

PIŚMIENNICTWO

1. Baryła R.: Produktynność nawożenia azotowego łąk na glebach organicznych w rejonie Kanału Wieprz-Krzna w zależności od kompleksów wilgotnościowo-glebowych. *Roczn. Nauk Roln.*, s. F, t. 81, z. 4, 1986.
2. Brandyk T., Trzeciecki E.: Plonowanie łąk na tle przebiegu pogody i uwilgotnienia gleby na Żuławach delty Wisły. *Wiad. IMUZ*, t. XII, z. 4, 1976.
3. Doboszyński L.: Wpływ znacznie zróżnicowanych dawek nawozów mineralnych NPK na plony łąk. *Wiad. IMUZ*, t. 10, z. 3, 1972.
4. Fuhrmann U., Jannermann G.: Standaryzowana metoda obliczania plonowania użytków zielonych. *Międz. Czas. Roln.* nr 3, 1982.
5. Gotkiewicz J.: Mineralizacja organicznych związków azotowych w glebach torfowo-murszowych wieloletnich doświadczeń. *Bibl. Wiad. IMUZ*, nr 68, 1987.
6. Gotkiewicz J., Gotkiewicz M.: Dynamika plonowania oraz jakość plonów z łąk wieloletnich doświadczeń. *Bibl. Wiad. IMUZ*, nr 68, 1987.
7. Harasim A.: Efektywność nawożenia mineralnego łąk. *Wiad. Mel. i Łąk.*, nr 3, 1977.
8. Kowalczyk J., Łękańska I.: Characteristics of changes in the Wiza fen. *Pol. ecol. stud.*, vol. 3, no 3, 1977.
9. Kowalczyk J., Doboszyński L., Łękańska I.: Efektywność nawożenia azotowego na łąkach torfowych w różnych siedliskach. *Wiad. IMUZ*, t. 13, 1978.
10. Łękańska I.: Wpływ zróżnicowanych dawek azotu na plony łąk na różnych glebach torfowo-murszowych. *Wiad. IMUZ*, t. 15, z. 2, 1985.

11. Łęka wska I.: Potrzeby nawożenia azotowego łąk na glebach torfowo-murszowych w świetle wieloletnich badań. Wiad. Mel. i Łąk. nr 3, 1985.
12. Płudowski H.: Badania efektywności nawożenia metodą funkcji produkcji. IUNG, Puławy 1975.
13. W ay d b i n k W.: Kombinationseffekt differenziert Grundwasserstände und Stickstoffgaben auf unterschiedlichen Grunlanstandorten. Arch. Acker-u Pfl. u Bodenkult., t. 17, 17, z. 5. 1973.
14. Vo i g t l ä n d e r G., L a n g V.: Production functions of nitrogen fertilization on hay-pastures. XII Internat. Glassland. Cong. Moscow 1974.

SUMMARY

On the basis of the obtained hay yields from the studies conducted in the area of the Wieprz-Krzna Canal between 1974 and 1986 (which considered fertilization N - 0, 60, 120, 180, 240, 300 kg·ha⁻¹ applied jointly with fertilization P₂O₅ - 72 kg and K₂O - 120 kg·ha⁻¹, an analysis was made concerning the efficiency of nitric fertilization on meadows in the conditions of muck-peat and mineral-muck soils. This analysis also took into consideration other yield-producing factors (habitat factors). Of these, the greatest influence was exerted by precipitation, air temperature and the ground water level. It follows from the analysis that what should be considered the optimum level of nitric fertilization (making it possible to obtain maximum yields) is for the first cutting, about 107-120 kg·ha⁻¹, for the second about 98 - 109 kg N, and for annual yields about 208 - 209 kg·ha⁻¹. A higher level of nitric fertilization both in particular outgrowths and in the total yield is justified in the conditions of mineral-muck soils.