

Петр ШУЛЬЦ¹, Збигнев ПОДКУВКА², Вероника БАЛДЫС³

¹ Университет естественных наук в Познани, Кафедра агрономии, Польша

² Университет технологических и естественных наук в Быдгощи, Лаборатория кормления животных, кафедра животноводческих наук, Польша

³ Team-Rol Sp. z o.o., Пырзыце, Польша

емейл: pszulc@up.poznan.pl

Received: 2018-06-18 ; Accepted: 2018-09-20

ВЛИЯНИЕ АЗОТНОГО УДОБРЕНИЯ КУКУРУЗЫ НА ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЗЕЛЕННОЙ МАССЫ И ПРОИЗВОДСТВО МОЛОКА

Резюме

В работе представлены результаты полевых исследований, целью которых была оценка влияния минерального (азотного) удобрения на химический состав зеленой массы и производство молока. С целью проверки принятых предположений были определены химический состав зеленой массы, содержание фракций клетчатки зеленой массы, питательная ценность зеленой массы, урожай зеленой и сухой массы кукурузы, себестоимость производства силоса из кукурузы, а также объем производства молока. Было выявлено, что минеральное удобрение имеет очень большое влияние на величину урожая силосного материала. Зеленая масса из удобренной кукурузы характеризуется большей концентрацией общего белка и крахмала по сравнению с неудобренными растениями. Кроме того, удобренные растения кукурузы характеризуются более высокой энергетической и белковой ценностью в кормлении крупного рогатого скота относительно неудобренных растений. С 1 га выращиваемой кукурузы, удобренной азотом, можно произвести на 5 309 кг молока больше, чем с неудобренной.

Ключевые слова: кукуруза, азот, зеленый корм, производство молока

Piotr SZULC¹, Zbigniew PODKÓWKA², Weronika BALDYS³

¹ University of Life Sciences in Poznan, Department of Agronomy, Poland

² University of Science and Technology in Bydgoszcz, Faculty of Animal Breeding and Biology, Department of Animal Sciences, Poland

³ Team-Rol Sp. z.o.o: Pyrzyce, Poland

e-mail: pszulc@up.poznan.pl

THE INFLUENCE OF NITROGEN FERTILIZATION ON THE CHEMICAL COMPOSITION OF MAIZE SILAGE AND MILK PRODUCTION

Summary

The paper presents the results of field tests whose aim was to assess the effect of mineral (nitrogen) fertilization on the chemical composition of green fodder and milk production. The purpose of verification of the adopted assumptions was to determine the chemical composition of green fodder, the content of green fodder fraction, nutrient value of green fodder, green and dry matter of maize, the cost of maize silage production and milk production volume. Mineral fertilization has been shown to have a very large influence on the yield of the silage material. Fodder derived from maize fertilized is characterized by a higher concentration of total protein and starch in comparison to non-fertilized plants. In addition, fertilized maize plants are characterized by a higher energy and protein value in feeding cattle in relation to non-fertilized plants. From one ha of nitrogen fertilized maize cultivation it can be produced 5 309 kg of milk more than from non-fertilized cultivation.

Key words: maize, nitrogen, maize silage, milk production

Piotr SZULC¹, Zbigniew PODKÓWKA², Weronika BALDYS³

¹ Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu Katedra Agromomii,

² Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy, Wydział Hodowli i Biologii Zwierząt, Katedra Nauk o Zwierzętach, Poland

³ Team-Rol Sp. z.o.o: Pyrzyce

e-mail: pszulc@up.poznan.pl

WPŁYW NAWOŻENIA AZOTOWEGO KUKURYDZY NA SKŁAD CHEMICZNY ZIELONKI I PRODUKCJĘ MLEKA

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań polowych, których celem była ocena wpływu nawożenia mineralnego na skład chemiczny zielonki i produkcję mleka. Celem weryfikacji przyjętych założeń określono skład chemiczny zielonki, zawartość frakcji włókna zielonki, wartość pokarmową zielonki, plon zielonej i suchej masy kukurydzy, koszt produkcji kiszonki z kukurydzy oraz wielkość produkcji mleka. Wykazano, że nawożenie mineralne ma bardzo duży wpływ na wielkość plonu materiału kiszonkarskiego. Zielonka pochodząca z kukurydzy nawożonej charakteryzuje się większą koncentracją białka ogólnego i skrobi w porównaniu do roślin nienawożonych. Ponadto rośliny nawożone kukurydzy charakteryzują się wyższą wartością energetyczną i białkową w żywieniu bydła, w stosunku do roślin nienawożonych. Z 1 ha uprawy kukurydzy nawożonej azotem można wyprodukować o 5 309 kg mleka więcej niż z nienawożonej.

Słowa kluczowe: kukurydza, azot, zielonka, produkcja mleka

1. Введение

В нашей стране силос из кукурузы составляет основной объемный корм, используемый в кормлении молочного и мясного крупного рогатого скота. На это влияет много факторов, в том числе, высокая энергетическая ценность, отсутствие антипитательных веществ, а также простота консервации.

Азот является основным питательным элементом, необходимым для правильного роста и развития кукурузы. Его нехватка снижает урожай и ухудшает качество собираемой зеленой массы [1]. Вместе с увеличением азотного удобрения кукурузы растет величина растения, увеличивается толщина стебля и поверхность листа, а также растет индекс листовой поверхности. Это ведет к увеличению урожая зеленой массы этого растения [1, 3, 4]. Исследования Budaklı Çarpişi и соавт. [4] показывают, что азотное удобрение влияет на пропорции в участии отдельных частей растения кукурузы. Вместе с увеличением дозы азота увеличивается в растении участие листьев и початка, а стебля уменьшается. Ali и соавт. [1] отмечают, что в листьях кукурузы, удобренной азотом, находится больше хлорофилла, и в связи с этим они более зеленые.

Целью исследований было определить влияние азотного удобрения на химический состав и урожайность кукурузы. Были рассчитаны также себестоимость производства силоса и объем производства молока из кукурузы, удобренной и неубоженной азотом.

2. Материал и методы

2.1. Опытное поле

Полевое исследование было проведено в 2016-2017 годах на Дидактическо-опытном предприятии в Злотниках, относящемся к Университету естественных наук в Познани. Кукуруза сорта Ругохепиа была посеяна 25 апреля. Изучались два объекта эксперимента: без минерального удобрения и минеральное удобрение, примененное в следующих количествах (100 кг N/га, 70 кг P₂O₅/га, 130 кг K₂O/га). Минеральные удобрения были рассеяны перед посевом кукурузы. Предшественником для кукурузы была озимая пшеница. Почва опытного поля характеризовалась следующими параметрами: pH выраженное в KCl 6,1;

фосфор 11,3 мг/100 г почвы; калий 16,7 мг/10 г почвы; магний 5,7 мг/100г почвы, бонитационный класс ШБ. Минеральное удобрение применялось в следующих количествах: 130 кг N/га, 50 кг P₂O₅/га, 80 кг K₂O/га. Сорняки обрабатывались после посева кукурузы препаратом Lumax557, 5SE в количестве 4,0 л/га.

Условия влажности и термические условия на протяжении всего периода вегетации кукурузы были благоприятными для роста и развития кукурузы (таблица 1).

2.2. Химический анализ растительного материала

Пробы зеленой массы были подсушены до постоянной массы в температуре 55°C, а затем смолоты в мельнице (SM 100, Retsch) до размеров частиц 1 мм. В подсушенном материале было определено содержание основных питательных элементов: сухой массы – методом сушки, сырой золы – посредством полного сжигания пробы растительного материала, общего белка – методом Кьельдаля на аппарате 2200 Kjeltec Auto Distillation (FossTecator AB), сырого жира – методом Сохлета с использованием аппарата Soxtec System HT 1043 (FossTecator AB), и сырой клетчатки – на аппарате Fibertec System 1010 HeatExtraction (FossTecator AB) [2]. Определение содержания нейтрально-детергентной клетчатки (НДК), кислотно-детергентной клетчатки (КДК) и кислотного лигнина (КДЛ) было проведено с использованием аппарата Ankom²²⁰Fiber Analyzer (ANKOM Technology) [9]. Крахмал определен поляриметрическим методом (крахмал (PN-R-64785).

Питательная ценность зеленой массы из кукурузы (кормовые единицы производства молока – КЕМл, кормовые единицы производства мяса – КЕМ, белок, перевариваемый в тонком кишечнике, рассчитанный на основании доступного в рубце азота – БПКА), белок, перевариваемый в тонком кишечнике, рассчитанный на основании доступной в рубце энергии – БПКЭ) была рассчитана на основании французской системы INRA [5] с использованием компьютерной программы INRA-tion версия 4.

Себестоимость производства силоса из кукурузы была рассчитана по схеме, указанной Подкувкой и Подкувкой [6]. Принято, что потери во время производства силоса из этого растения составляют 10%. Производство молока рассчитано с использованием образцов, указанных Швабом и соавт. [8].

Таблица 1. Средняя суточная температура воздуха и сумма атмосферных осадков в вегетационные сезоны
Table 1. Average daily air temperature and sum of atmospheric precipitation in the growing season

Характеристика	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	Сумма/ Средняя
2016								
Осадки [мм]	47,3	47,3	123,8	132,8	50,3	4,6	105,0	511,1
Температура [°C]	9,6	16,3	19,9	20,3	19,0	17,3	8,4	15,8
2017								
Осадки [мм]	40,6	56,8	68,2	168,0	82,0	45,6	91,8	508,0
Температура [°C]	7,3	13,7	17,4	18,0	18,9	13,3	10,6	13,1

Источник: собственная разработка / Source: own study

Таблица 2. Влияние удобрения на химический состав зеленой массы из кукурузы (2016-2017)
 Table 2. The effect of fertilization on the chemical composition of fodder from maize (2016-2017)

Вариант удобрения	Сухая масса (%)	Сырая зола (% СМ)	Общий белок (% СМ)	Сырой жир (% СМ)	Сырая клетчатка (% СМ)	БЭВ (% СМ)	Крахмал (% СМ)
без удобрения	37,45 ± 1,50	4,84 ± 0,41	7,69 ^a ± 0,67	2,97 ± 0,33	18,49 ± 0,94	66,02 ± 1,76	30,74 ^a ± 5,27
с удобрением	37,62 ± 0,76	4,90 ± 0,39	8,46 ^b ± 0,46	3,09 ± 0,19	17,36 ± 1,37	66,20 ± 0,74	36,45 ^b ± 4,69

ab – средние, обозначенные разными прописными буквами, отличаются при $P \leq 0,05$

ab – the average marked in various small letters differ by $P \leq 0,05$

Источник: собственная разработка / Source: own study

2.3. Статистический анализ результатов

Полученные результаты были подвергнуты статистическому анализу. В целях оценки влияния азотного удобрения на химический состав, питательную ценность и урожайность зеленой массы из кукурузы, а также производство молока был применен однофакторный анализ вариации. Существенность разницы между отдельными параметрами оценивалась при помощи теста Т. Расчеты были выполнены при помощи статистического пакета Statistica 13.1.

3. Результаты и их обсуждение

Зеленая масса из кукурузы, собираемая с полей, на которых было применено азотное удобрение, имела более высокое содержание общего белка и крахмала, чем с полей неуборенных ($P \geq 0,05$) (таблица 2). Более высокую концентрацию общего белка в зеленой массе кукурузы, собираемой с полей, удобренных азотом, доказали также другие авторы [1, 3, 4, 7]. Sheaffer и соавт. [7] указывают, что концентрация общего белка в зеленой массе кукурузы растет линейно вместе с увеличением дозы азота. Alі и соавт. [1] выявили рост концентрации сырой клетчатки в зеленой массе из кукурузы при увеличении азотного удобрения. Они объясняют это более высоким растением и большим диаметром стебля растений, удобренных азотом. В собственных исследованиях не было выявлено влияние азотного удобрения на количество сырой клетчатки в зеленой массе. Было доказано, однако, что применение азотного удобрения повлияло на рост количества крахмала в зеленой массе. Это результат того, что увеличивается участие початка в массе всего растения. Budaklı Çarpiсі и соавт. [4] отмечают, что при дозе 100 кг N/га участие початка в массе растения увеличивается на 22%. Обращает на себя внимание большая дифференциация в химическом составе зеленой массы, собираемой с полей, на которых не применялось азотное удобрение.

В зеленой массе, собираемой с удобренных полей, находилось меньше нейтрально-детергентной клетчатки и кислотно-детергентной клетчатки, но больше кислотного лигнина, чем с неуборенных полей. Однако выявленные различия в количестве этих ингредиентов не были статистически существенными (таблица 3). В свою очередь Budaklı Çarpiсі и соавт. [4] заметили, что вместе с увеличением дозы азота растет концентрация НДК в кукурузе. Эта зависимость не была установлена для КДК.

Таблица 3. Влияние удобрения на содержание фракций клетчатки в зеленой массе из кукурузы (2016-2017)
 Table 3. The effect of fertilization on the fraction of fiber in green maize (2016-2017)

Вариант удобрения	НДК (% СМ)	КДК (% СМ)	КДЛ (% СМ)
без удобрения	36,38 ± 5,66	20,01 ± 2,51	2,64 ± 0,43
с удобрением	35,24 ± 3,10	18,93 ± 1,64	2,73 ± 0,34

Источник: собственная разработка / Source: own study

Таблица 4. Влияние удобрения на питательную ценность зеленой массы из кукурузы (2016-2017)
 Table 4. The effect of fertilization on the nutritional value of fodder from maize (2016-2017)

Вариант удобрения	КЕМл (в 1 кг СМ)	КЕМ (в 1 кг СМ)	БПКЭ (г/кг СМ)	БПКА (г/кг СМ)
без удобрения	0,93 ^A ± 0,02	0,87 ^a ± 0,01	73 ^a ± 1,5	47 ^a ± 4,2
с удобрением	0,97 ^B ± 0,01	0,93 ^b ± 0,01	76 ^b ± 0,5	52 ^b ± 2,7

AB – средние, обозначенные разными заглавными буквами, отличаются при $P \leq 0,01$

ab – средние, обозначенные разными прописными буквами, отличаются при $P \leq 0,05$

AB – the averages marked with various capital letters differ by $P \leq 0,01$

ab – the average marked in various small letters differ by $P \leq 0,05$

Источник: собственная разработка / Source: own study

Таблица 5. Влияние удобрения на урожай кукурузы (2016-2017)
 Table 5. The effect of fertilization on maize yield (2016-2017)

Вариант удобрения	Зеленой массы (ц/га)	Сухой массы (ц/га)
без удобрения	489,1 ^a	183,0 ^A
с удобрением	546,2 ^b	205,4 ^B

AB – средние, обозначенные разными заглавными буквами, отличаются при $P \leq 0,01$

ab – средние, обозначенные разными прописными буквами, отличаются при $P \leq 0,05$

AB – the averages marked with various capital letters differ by $P \leq 0,01$

ab – the average marked in various small letters differ by $P \leq 0,05$

Источник: собственная разработка / Source: own study

Таблица 6. Влияние удобрения на себестоимость производства силоса из кукурузы (2016-2017)

Table 6. The effect of fertilization on the production costs of silage from maize (2016-2017)

Вариант удобрения	Себестоимость производства силоса в злотых	
	1 ц	с 1 га
без удобрения	9,6	4228
с удобрением	11,5	5670

Источник: собственная разработка / Source: own study

Более высокое содержание крахмала в зеленой массе, собираемой с полей, удобряемых азотом, привело к тому, что эта зеленая масса имела более высокую энергетическую ценность. В 1 кг сухой массы зеленой массы с удобренных полей было больше на 4% кормовых единиц производства молока и на 7% кормовых единиц производства мяса, чем с неудобренных полей (таблица 4). Удобрение почвы азотом привело к тому, что собираемая с них зеленая масса имела более высокую белковую ценность (содержала больше белка, перевариваемого в тонком кишечнике, рассчитанного на основании доступного в рубце азота, и белка, перевариваемого в тонком кишечнике, рассчитанного на основании доступной в рубце энергии), чем с полей, на которых не применялось удобрение.

Удобрение существенным образом повлияло на более высокую урожайность кукурузы. Урожай зеленой массы удобренной кукурузы вырос на 57,1 ц/га, а сухой массы на 22,4 ц/га. Исследования других авторов также показали, что применение азотного удобрения влияет на получаемый урожай кукурузы [1, 4, 7]. Согласно Sheaffer и соавт. [7] урожай сухой массы кукурузы растет квадратично к дозе примененного азотного удобрения.

Стоимость удобрений и их высева приводят к тому, что производство 1 ц силоса с таких полей на 20% дороже, чем с полей, на которых не применялось удобрение (таблица 6). Если добавим к этому большее количество зеленой массы, которую мы собираем с удобренного поля, то окажется, что приготовление силоса с 1 га выращиваемой кукурузы, удобренной азотом, на 34% (1 442 злотых) дороже, чем с неудобренной.

Более высокая питательная ценность силоса из кукурузы с удобренных полей ведет к тому, что с 1 тонны силоса можно произвести на 37 кг молока больше, чем с силоса с полей, удобренных азотом (таблица 7). Значительно более высокий урожай кукурузы, собранной с полей, удобренных азотом, приводит к тому, что с 1 га этой выращиваемой культуры можно произвести на 18% (5 309 кг) молока больше, чем с неудобренной. Sheaffer и соавт. [7] приводят данные, что при дозе 100 кг N/га с одного гектара выращиваемой кукурузы можно получить от 16 до 29% больше молока, чем с полей, удобренных азотом.

Acknowledgments

This research was supported by the Polish Ministry of Agriculture and Rural Development, Project: "Increasing the utilization of domestic fodder protein for the production of high quality animal products in sustainable development conditions, 2016–2020".

Таблица 7. Влияние удобрения на объем производства молока (2016-2017)

Table 7. The effect of fertilization on milk production volume (2016-2017)

Вариант удобрения	Молоко (кг/т)	Молоко (кг/га)
без удобрения	590 ^a	28 939 ^a
с удобрением	627 ^b	34 248 ^b

ab – средние, обозначенные разными прописными буквами, отличаются при $P \leq 0,05$

ab – the average marked in various small letters differ by $P \leq 0,05$

Источник: собственная разработка / Source: own study

4. Выводы

Зеленая масса с полей, удобренных азотом, имела более высокую концентрацию общего белка и крахмала, чем с неудобренных полей. Зеленая масса с удобренных полей имеет более высокую энергетическую и белковую ценность в кормлении крупного рогатого скота, чем с полей неудобренных. Удобрение имеет очень большое влияние на урожайность кукурузы. С 1 га выращиваемой кукурузы, удобренной азотом, можно произвести на 5 309 кг молока больше, чем с неудобренной.

5. Литература

- [1] Ali N., Anjum M. M.: Effect of different nitrogen rates on growth, yield and quality of maize. Middle East Journal of Agriculture Research, 2017, 6 (1), 107-112.
- [2] AOAC., Official Methods of Analysis, 16th Edition. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, 1995.
- [3] Aslam M., Iqbal A., Ibni Zamir M.S., Mubeen M., Amin M., Effect of different nitrogen levels and seed rates on yield and quality of maize fodder. Crop & Environment, 2011, 2 (2), 47-51.
- [4] Budakli Çarpici E., Necmettin Çeløk N., Bayram G.: Yield and quality of forage maize as influenced by plant density and nitrogen rate. Turkish Journal of Field Crops, 2010, 15 (2), 128-132.
- [5] INRA., Żywnienie Przeżuwaczy. Zalecane normy i tabele wartości pokarmowej pasz. Omnitech Press Warszawa, 1989, s. 406.
- [6] Podkówka W., Podkówka Z.: Technologia kiszenia biomasy na cele paszowe i biogaz rolniczy, PWRiL Warszawa, 2017.
- [7] Sheaffer C.C., Halgerson J.L., Jung H.G.: Hybrid and N fertilization affect corn silage yield and quality. J. Agronomy & Crop Science, 2006, 192, 278-283.
- [8] Schwaba E.C., Shavera R.D., Lauerb J.G., Coorsb J. G.: Estimating silage energy value and milk yield to rank corn hybrids. Animal Feed Science and Technology, 2003, 109, 1-18.
- [9] Van Soest P.J., Robertson J.B., Lewis B.A.: Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science, 1991, 74, 3583-3597.