

Streszczenie

Plonowanie *Miscanthus x giganteus* uprawianego w warunkach nawadniania, nawożenia azotem i osadem ściekowym oraz zawartość węgla organicznego i metali w glebie i biomacie

Biomasa jest jednym z odnawialnych źródeł energii i może być pozyskiwana w uprawie polowej roślin przeznaczonych na cele energetyczne. Gatunkiem pozwalającym uzyskać duże plony biomasy jest introdukowany do naszych warunków siedliskowych miskant olbrzymii

W latach 2010-2012 prowadzono badania z miskant olbrzymii w ramach dwuczynnikowego doświadczenia polowego. Oceniono wpływ nawadniania i nawożenia azotem na plonowanie tego gatunku. Nawadnianie stosowano w dawkach polekowych uzupełniających opady w poszczególnych miesiącach okresu wegetacji do poziomu potrzeb opadowych tego gatunku. Nawożenie azotem stosowano w formie mineralnej w dawkach 60, 120 i 180 kg N ha⁻¹ oraz w osadzie ściekowym w dawkach osadu równoważących 120 i 180 kg N ha⁻¹ w formie mineralnej.

W każdym roku badań oceniono plony biomasy pędów i liści oraz cechy biometryczne roślin takie jak liczba pędów po wschodach i przed zbiorem, wysokość i obwód pędów traktowane jako składowe plonu. Badano występowanie makroelementów (N, P, K, Ca, Mg) i pierwiastków śladowych (Zn, Cu, Cr, Ni, Cd, Pb) w pędach i liściach. A także występowanie ich w glebie na głębokości 0-30 i 30-60 cm oraz pH tej gleby.

Wiosną 2013 roku, po 10 latach użytkowania miskanta olbrzymiego oceniono wielkość biomasy rizomów i korzeni oraz występowanie w biomacie tych organów wymienionych wcześniej makroelementów i pierwiastków śladowych. W tym czasie oceniono akumulację węgla organicznego w glebie oraz biomacie korzeni, rizomów a także pędów i liści.

Średnio dla lat badań i czynników doświadczenia plon biomasy wyniósł 20,4 t s.m. ha⁻¹ w tym 67,6% stanowiła biomasa pędów. Przyrost plonu biomasy pod wpływem nawadniania wynosił 3,2 t s.m. ha⁻¹ (17%), a nawożenia dawką 60 kg N w formie mineralnej 3,6 t s.m. ha⁻¹ (20,2%). Kolejne dawki azotu nie zwiększały istotnie plonu biomasy. Nawożenie osadem ściekowym zwiększało plon biomasy w zbliżonym zakresie jak nawożenie azotem mineralnym w dawce 60 kg N ha⁻¹.

Nawadnianie zwiększało istotnie długość i obwód pędów a wpływ nawożenia azotem na cechy roślin zależał od wielkości dawki N.

Biomasa rizomów dziesięcioletnich rośliny miskanta wynosiła 21,9, a korzeni 5,92 t s.m. ha⁻¹. Nawadnianie i nawożenie N zwiększały biomasę rizomów i korzeni i była ona największa na kombinacjach z osadem ściekowym.

Nawożenie azotem szczególnie w formie osadu ściekowego w znacznie większym stopniu wpływa na zawartość makroelementów i pierwiastków śladowych w pędach, liściach, rizomach i korzeniach jak nawadnianie, które najczęściej zmniejsza ich występowanie. Rośliny nawadniane miały mniejszą zawartość N, K, Mg, Ca, Cu w liściach, oraz N w rizomach i Mg w pędach.

Wpływ nawożenia azotem mineralnym zwiększa zawartość N w pędach, liściach rizomach i korzeniach zawartość: Mg w liściach i pędach, Ca w pędach oraz zmniejszenia zawartości

P w pędach i liściach. Nawożenie osadem ściekowym zwiększa zawartość N, P Ca i Mg w pędach i korzeniach, P i Mg w liściach oraz K w pędach a Ca i Mg w rizomach. Nie stwierdzono wpływu nawożenia N w formie mineralnej na zawartość pierwiastków śladowych w tych organach z wyjątkiem zmniejszenia się w nich zawartości Cu z wyjątkiem rizomów oraz wzrostem zawartości Cr i Cd w liściach i Cr w pędach. Nawożenie osadem ściekowym również nie powodowało zmian w zawartości pierwiastków śladowych w organach miskanta olbrzymiego poza wzrostem zawartości w nich miedzi oraz Cd i Cr w liściach.

Nawadniania zwiększało zakwaszenie gleby oraz zawartość N w glebie z głębokości 0-30 oraz N i P w glebie z głębokości 30-60 cm oraz zmniejszało zawartość K z głębokości 30-60 cm oraz Cu i Pb z głębokości 0-30 cm. Nawożenie azotem mineralnym zmniejszało pH gleby i zawartość P i K a zwiększało zawartość Mg w glebie z obydwu głębokości. W przeciwieństwie do nawożenia osadem ściekowym, które zwiększało pH i zawartość N, P i Mg.

Nawożenie osadem ściekowym nie prowadziło do wysokiej akumulacji pierwiastków śladowych w glebie. Ich zawartość nadal pozostała na poziomie uznawanym za naturalny, pomimo że stosowanie osadu ściekowego istotnie zwiększało zawartość Zn, Cu i Cr w glebie z głębokości 0-30 i 30-60cm Cd i Ni na głębokości z głębokości 0-30cm. Nie miało natomiast wpływu na zawartość Pb.

Akumulacja węgla organicznego w glebie do głębokości 100 cm na 10 letniej plantacji roślin miskanta olbrzymiego średnio dla czynników doświadczenia wynosiła łącznie 41,81 t C-org ha⁻¹. Większość zakumulowanego węgla 31,14 (74,5%), znajdowała się w glebowej materii organicznej, pozostała część występowała w rizomach 8,05 (19,3%), korzeniach 2,11 (5,0%) i resztkach roślinnych o wymiarach 10-2 mm 0,51 t C-org ha⁻¹ (1,2%).

Największą akumulację węgla organicznego 47,07 t C-org ha⁻¹ w glebie i podziemnej biomasy roślin stwierdzono na kombinacjach z nawadnianiem i nawożeniem osadem ściekowym w dawce osadu równoważącej 180 kg N ha⁻¹ w formie mineralnej

Poza tak zakumulowanym węglem rośliny miskanta w każdym roku badań gromadziły określoną ilość węgla w plonie biomasy pędów i liści, która w 2012 roku łącznie wynosiła średnio 7,17 t C-org ha⁻¹ odpowiednio 4,76 i 2,41 t C-org ha⁻¹ tj. (66,4 i 33,6%) dla pędów i liści. Największą akumulację węgla organicznego w częściach nadziemnych 7,8 t C-org ha⁻¹ podobnie jak w glebie i biomasy podziemnej stwierdzono na kombinacji nawadnianej i nawożonej osadem ściekowym w dawce osadu równoważącej 180 kg N ha⁻¹ w formie mineralnej.

Łącznie akumulacja węgla organicznego w glebie, biomasy podziemnej i nadziemnej wynosiła średnio dla czynników doświadczenia 48,89 t C-org ha⁻¹, a akumulacja maksymalna określona na kombinacjach nawadnianych i nawożonych osadem ściekowym w dawce równoważącej 180 kg N ha⁻¹ w formie mineralnej 54,87 t C-org ha⁻¹

Słowa kluczowe: miskant olbrzymii, nawadnianie, azot mineralny, osad ściekowy, plon biomasy, makroelementy, pierwiastki śladowe, akumulacja materii organicznej

Abstract

Yield of *Miscanthus x giganteus* grown under irrigation conditions, nitrogen fertilization and sewage sludge supply as well as organic carbon and metal content in soil and biomass

One of the renewable energy sources is biomass which can be obtained from the cultivation of energy crops. The species that produces large yield biomass is the giant miscanthus, introduced into our habitat conditions.

In years 2010-2012, the giant miscanthus studies were conducted as part of a two-factor field experiment. The effect of irrigation and nitrogen fertilization on the yield of this species has been assessed. Irrigation was used in dose-supplementing precipitation during the particular months of the growing season to the level of precipitation requirements of this species. Nitrogen fertilization was used in mineral form in doses 60, 120 and 180 kg N ha⁻¹ and in sewage sludge in doses of sediments equivalent to 120 and 180 kg N ha⁻¹ in mineral form.

In each year of the study the yields of the biomass of stems and leaves and the biometric features of plants such as the number of stems after emergence and before harvest, the height and circumference of the stems treated as components of the yield has been assessed. The contents of macronutrients (N, P, K, Ca, Mg) and trace elements (Zn, Cu, Cr, Ni, Cd, Pb) in stems and leaves was studied. As well as their occurrence in the soil at a depth of 0-30 and 30-60 cm and the pH of this soil.

In spring 2013, after 10 years of cultivation of giant miscanthus, the biomass of rhizomes and roots and the presence of the aforementioned macronutrients and trace elements in the biomass of these organs were assessed. Also the accumulation of organic carbon in the soil and the biomass of the roots, rhizomes and stems leaves were analyzed. On average, for years of research and experience factors, the biomass yield was 20.4 t d.m. ha⁻¹, of which 67.6% constituted the biomass of stems. The increase in biomass yield under irrigation was 3.2 t d.m. ha⁻¹ (17%), and fertilization at a dose of 60 kg N in mineral form 3.6 t d.m. ha⁻¹ (20.2%) whereas consecutive doses of nitrogen did not significantly increase the yield of biomass. Sewage sludge fertilisation increased the biomass yield in a similar range as mineral nitrogen fertilization at 60 kg N ha⁻¹. Irrigation significantly increased the length and circumference of the stems whereas the effect of nitrogen fertilization on plant features depended on the size of the N dose. The biomass of the 10-year-old rhizomes of miscanthus plant was 21.9 while the roots - 5.92 t d.m ha⁻¹. Irrigation and fertilization N increased the biomass of rhizomes and roots and was greatest in combinations with sewage sludge.

Nitrogen fertilization, especially in the form of sewage sludge, significantly affects the content of macronutrients and trace elements in stems, leaves, rhizomes and roots like irrigation, which most often reduces their occurrence. The irrigated plants had a lower content of N, K, Mg, Ca, Cu in the leaves, N in rhizomes and Mg in stems.

The mineral nitrogen fertilization increases the N content of stems, rhizomes leaves and roots: Mg in leaves and stems, Ca in shoots and decrease of P content in stems and leaves. Fertilization with sewage sludge increases the content of N, P Ca and Mg in stems and roots, P and Mg in leaves and K in stems as well as Ca and Mg in rhizomes. The N

fertilization in mineral form had no effect on the content of trace elements in tested species, except for the decrease in their Cu content in all organs but not in rhizomes and an increase in the Cr and Cd content of the leaves and Cr in stems. Fertilization with sewage sludge also did not cause changes in the content of trace elements in the organs of giant miscanthus with the exception of increasing Cu, Cd and Cr content in the leaves.

Irrigation increased soil acidification and soil N content from a depth of 0-30, N and P in soil from a depth of 30-60 cm but simultaneously reduced the K content from a depth of 30-60 cm as well as Cu and Pb from a depth of 0-30 cm. Mineral nitrogen fertilization in turn reduced the pH of the soil and its P and K content with contemporaneously increasing the Mg content of the soil from both depths. It was by contrast to sewage sludge fertilization which increased the pH and content of N, P and Mg.

Fertilization with sewage sludge did not lead to a high accumulation of trace elements in the soil. Their content remained at a level considered as natural, despite the fact that the usage of sewage sludge significantly increased the content of Zn, Cu and Cr in the soil from a depth of 0-30 and 30-60cm Cd and Ni at depths of 0-30cm. However, it had no effect on the Pb content.

For both factors of experiment, the average accumulation of organic carbon in the soil to a depth of 100 cm on a 10-year giant miscanthus plantation was 41.81 t C-org ha⁻¹. The majority of the accumulated carbon 31.14 (74.5%) were found in the soil organic matter, while the rest was present in rhizomes 8.05 (19.3%), roots 2.11 (5.0%) and plant residues of 10-2 mm 0.51 t C-org ha⁻¹ (1.2%).

The largest accumulation of organic carbon 47.07 t C-org ha⁻¹ in soil and underground plant biomass was found in combinations with irrigation and fertilization of sewage sludge at a dose of sediment recompensite 180 kg N ha⁻¹ in mineral form.

In addition to such accumulated carbon, the miscanthus plant accumulated a certain amount of carbon in the biomass crop of stems and leaves in each year, which in 2012 year amount to an average of 7.17 t C-org ha⁻¹ and 4.76 and 2.41 t C-org ha⁻¹ (i.e. 66.4% and 33.6%) for stems and leaves respectively. The largest accumulation of organic carbon in the above-ground parts (7,8 t C-org ha⁻¹ in total), similarly as in soil and underground biomass, was found on a combination of irrigated and fertilized sewage sludge at a dose of sediment balancing 180 kg N ha⁻¹ in mineral form.

In total, the accumulation of organic carbon in soil, underground and above-ground biomass was on average for experiment factors 48.89 t C-org ha⁻¹ whereas the maximum accumulation determined on combinations of irrigated and fertilized sewage sludge at an balancing dose of 180 kg N ha⁻¹ in mineral form was 54.87 t C-ha⁻¹.

Key words: giant miscanthus, irrigation, mineral nitrogen, sewage sludge, biomass yield, macronutrients, trace elements, accumulation of organic matter