




original article | 633.179:631.417.2:631.53.04:631.559 |
doi: 10.31210/visnyk2020.03.15

INFLUENCE OF DIFFERENT METHODS OF SWITCH-GRASS CULTIVATION ON SOIL ORGANIC MATTER DYNAMICS AND BIOMASS PRODUCTIVITY


A. O. Taranenko*

ORCID  [0000-0002-1305-939X](https://orcid.org/0000-0002-1305-939X)

M. I. Kulylk

ORCID  [0000-0003-0241-6408](https://orcid.org/0000-0003-0241-6408)

S. V. Taranenko

ORCID  [0000-0003-2450-4388](https://orcid.org/0000-0003-2450-4388)

M. A. Galytska

ORCID  [0000-0003-2579-0515](https://orcid.org/0000-0003-2579-0515)

Poltava State Agrarian Academy, 1/3 Skovorody Str., Poltava, 36003, Ukraine

*Corresponding author

E-mail: anna.taranenko@pdaa.edu.ua

How to Cite

Taranenko, A. O., Kulylk, M. I., Taranenko, S. V., & Galytska, M. A. (2020). Influence of different methods of switch-grass cultivation on soil organic matter dynamics and biomass productivity. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, (3), 135–149. doi: 10.31210/visnyk2020.03.15

*Ecological aspects of energy crops growing are relevant at present. This is especially important for switch-grass cultivation on marginal lands and land-use change. The article presents the scientific ways of switch-grass (*Panicum virgatum* L.) cultivation with bean component – creeping lupine (*Lupinus repens* Kuptsov N and Miron.). The aim of our research was to study the content of organic matter in the soil and peculiarities of switch-grass biomass yield formation applying various-species sowing, taking into account N fertilization. The research tasks were to determine changes in the structure of switch-grass phytocenosis, the dynamics of soil organic matter content, level of dry switchgrass biomass yield depending on the method of growing and N fertilizing. The experiment was conducted in the conditions of the central Forest-Steppe of Ukraine on marginal soils. The experiment involved the cultivation of “Cave-in-Rock” variety of switch-grass in monoculture (Mo), and also combined (C) and mixed (Mi) crops with lupine and also applying N in the following amounts: 0 kg N ha⁻¹, 15 kg ha⁻¹, 30 kg ha⁻¹, 45 kg ha⁻¹, 60 kg ha⁻¹. Research methods in agronomy, as well as special methods and recommendations for switch-grass cultivation were used in the experiment. Statistical data were calculated by STATISTICA V.6.0 and presented in graphs. According to the research results, the highest switch-grass yield was obtained in combined crops (14.4–15.0 t ha⁻¹) using 15–30 kg ha⁻¹ of N; in mixed crops it reached the level of 14.7 t ha⁻¹ using higher rate of N (45 kg ha⁻¹). Positive effect of the bean component on the increase of soil organic matter content and obtaining additional N nutrition in combined and mixed crops was established. A significant increase in quantitative plant indexes (height and density of plant stand) and switch-grass biomass yield in combined and mixed crops was registered. This was confirmed by correlation analysis. Reliable relationship was established between switchgrass productivity and soil organic matter content ($r=0.77$ in mixed crops (Mi), and $r=0.58$ in combined crops (C)).*

Key words: switch-grass (*Panicum virgatum* L.), soil organic matter content, quantitative plant indexes, biomass yield.

ВПЛИВ СПОСОБУ ВИРОЩУВАННЯ ПРОСА ПРУТОПОДІБНОГО НА ДИНАМІКУ ОРГАНІЧНОЇ РЕЧОВИНИ У ҐРУНТІ ТА ВРОЖАЙНІСТЬ БІОМАСИ

А. О. Тараненко, М. І. Кулик, С. В. Тараненко, М. А. Галицька

Полтавська державна аграрна академія, м. Полтава, Україна

Екологічне обґрунтування вирощування енергетичних культур нині має актуальне значення. Особливо це важливо при вирощуванні проса прутіподібного на виведених із обробітку землях та зміні землекористування. У статті наведено шляхи науково обґрунтованого вирощування проса прутіподібного (*Panicum virgatum* L.) із бобовим компонентом – люпином повзучим (*Lupinus repens* Kuznetsov N and Miron.). Метою наших досліджень було вивчення динаміки вмісту органічної речовини у ґрунті та особливості формування врожайності біомаси проса за умови вирощування в різновидових посівах, зважаючи на застосування азоту в підживленні. Завдання досліджень: визначити зміни структури фітоценозу, динаміку вмісту органічної речовини у ґрунті та рівень урожайності сухої біомаси залежно від способу вирощування та підживлення посівів. Експеримент проведений в умовах центрального Лісостепу України на маргінальних ґрунтах. Дослід передбачав вирощування проса сорту «Cave-in-Rock» у монокультурі (Мо), у сумісних (С) та змішаних (Мі) посівах з люпином із застосуванням азоту в підживленні: N_0 , N_{15} , N_{30} , N_{45} , N_{60} . В експерименті застосовано методику досліджень в агрономії, спеціальні методики та рекомендації до вирощування проса прутіподібного, проведено статистичний обрахунок отриманих даних та відображення їх у графіках. Найбільшу врожайність за сухою біомасою просо прутіподібне формує в сумісних посівах (14,4–15,0 т/га) на варіантах підживлення N_{15-30} , а у змішаних досягає рівня 14,7 т/га при застосуванні більшої норми азоту N_{45} . За результатами досліджень встановлено позитивний вплив бобового компоненту на збільшення вмісту органічної речовини у ґрунтах та отримання додаткового азотного живлення для рослин у сумісних та змішаних посівах проса. Встановлено суттєве збільшення кількісних показників рослин проса (висоти та густоти стеблостою) та врожайності сухої біомаси в сумісних та змішаних посівах порівняно з одновидовими (Мо). Це підтверджується кореляційним аналізом, згідно з яким встановлено достовірний зв'язок між показниками продуктивності проса та вмістом органічної речовини у ґрунті ($r=0,77$ у змішаних посівах (Мі), $r = 0,58$ у сумісних посівах (С)).

Ключові слова: просо прутіподібне, вміст органічної речовини у ґрунті, кількісні показники рослин, врожайність біомаси.

ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ВЫРАЩИВАНИЯ ПРОСА ПРУТЬЕВИДНОГО НА ДИНАМИКУ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ПОЧВЕ И УРОЖАЙНОСТЬ БИОМАССЫ

А. А. Тараненко, М. И. Кулик, С. В. Тараненко, М. А. Галицкая

Полтавская государственная аграрная академия, г. Полтава, Украина

Экологическое обоснование выращивания энергетических культур в настоящее время имеет свою актуальность. Особенно это важно при выращивании проса прутьевидного на выведенных из обработки землях и изменении землепользования. В статье предложены пути научно обоснованного выращивания проса прутьевидного (*Panicum virgatum* L.) с бобовым компонентом – люпином ползучим (*Lupinus repens* Kuznetsov N and Miron.). Целью наших исследований было изучение динамики содержания органического вещества в почве и особенностей формирования урожайности биомассы проса при выращивании в разновидовых посевах с учетом применения азота в подпитке. Задача исследований: определить изменения структуры фитоценоза, динамику содержания органического вещества в почве и уровень урожайности сухой биомассы в зависимости от способа выращивания и подкормки посевов. Эксперимент проведен в условиях центральной Лесостепи Украины на маргинальных почвах. Опыт предусматривал выращивание проса сорта «Cave-in-Rock» в монокультуре (Мо), в совместных (С) и смешанных (Мі) посевах с люпином с применением азота в подпитке: 0 кг/га, 15 кг/га, 30 кг/га, 45 кг/га, 60 кг/га. В эксперименте применена методика исследований в агрономии, специальные методики и рекомендации к выращиванию проса. Статистический расчет данных был получен с помощью STATISTICA 6.0 и отображен в графиках. Наибольшую урожайность за сухой биомассой просо прутьевидное формирует в совместных посевах (14,4–15,0 т/га) на вариантах под-

питки N_{15-30} кг/га, а в смешанных достигает уровня 14,7 т/га при применении большей нормы азота N_{45} кг/га. По результатам исследований установлено положительное влияние бобового компонента на увеличение содержания органического вещества в почве и получение дополнительного азотного питания для растений в совместных и смешанных посевах проса. Установлено существенное увеличение количественных показателей растений (высоты и густоты стеблестоя) и урожайности сухой биомассы в совместных и смешанных посевах проса по сравнению с монокультурой (Мо). Это подтверждается корреляционным анализом, согласно которому установлена достоверная связь между показателями производительности проса и содержанием органического вещества в почве ($r=0,77$ в смешанных посевах (Mi), $r=0,58$ в совместных посевах (C)).

Ключевые слова: просо прутьевидное, содержание органического вещества в почве, количественные показатели растений, урожайность биомассы.

Вступ

Нині основні проблеми, що виникають перед Україною, – це забезпечення енергетичної, економічної та екологічної безпеки, які є тісно пов'язаними між собою, а розв'язання їх потребує проведення ґрунтовних досліджень. Адже успішна країна – це енергонезалежна, економічно стабільна, що дбає про населення та забезпечує комфортне та безпечне життя людей. Одним зі шляхів розв'язання окресленої проблеми є посилення енергетичної безпеки на основі використання наявних джерел енергії (зокрема й рослинного енергоресурсу енергетичних культур) через оптимізацію та раціональне використання сонячної, вітрової, геотермальної та гідроенергії на основі інноваційних розробок. Водночас обґрунтування теоретичних засад формування енергетичної безпеки і її механізмів здатні забезпечити сталий розвиток економіки України [1] та дозволять розв'язати екологічні питання, якщо органічно поєднати агрономічну і екологічну науки на практиці.

На сьогодні як за кордоном, так і в Україні проведені дослідження щодо економічної ефективності та екологічних аспектів вирощування енергетичних культур [2–7]. Також вивчається сортимент проса прутіноподібного [8, 9], проводиться моделювання та менеджмент енергопосівів [10, 11], енергоконверсії (компенсації, газифікації та піролізу), виробництва етанолу [12, 13] та використання біомаси на інші потреби [14].

У дослідженнях іноземних авторів [15, 16] розглянуто способи підготовки ґрунту та регулювання забур'яненості посівів проса прутіноподібного на основі використання сільськогосподарських агрегатів та гербіцидів для покращення вегетації рослин та забезпечення стратегії сталого розвитку.

В умовах України визначено, що зменшення кількості бур'янів можна досягти, якщо регулювати густоту стеблостою проса прутіноподібного в межах 150–200 шт./м² та застосовувати гербіциди (МайсТер Пауер або Пріма) [17].

Порівнюючи кілька енергетичних культур для виробництва біомаси, А. Monti зі співавторами [18] та S. Fazio, А. Monti [19] встановили, що екологічні навантаження та річні еквівалентні витрати на одиницю біомаси були найнижчими в енергоплантаціях проса прутіноподібного.

Недосконалість перших європейських (і американських) проєктів з вивчення проса прутіноподібного пов'язана з відсутністю досліджень у масштабах фермерських господарств та виробничих умов. Майже всі дані виробництва та подальший економічний та екологічний аналіз фактично екстраполювалися із дрібноділяночних дослідів, які, як правило, показують завищену врожайність. Тому поточні та подальші наукові проєкти та широкомасштабні експерименти сприятимуть підвищенню рівня обізнаності щодо переваги вирощування і використання біомаси проса прутіноподібного в Європі та в Україні, зважаючи на всебічну агротехнологічну оцінку з акцентом на економічну та екологічну стабільність виробництва біомаси.

Визначено, що в перший рік вирощування проса прутіноподібного не рекомендується використовувати добрива (особливо азоту), оскільки це активізує ріст бур'янів. На легких ґрунтах і в південних регіонах можна внести незначну кількість азоту під час вегетаційного періоду першого року вирощування. В подальші роки удобрювати необхідно пізніше, коли бур'яни слабшають. Якщо азотне добриво не використане повністю до кінця вегетаційного періоду, його залишок може збільшити забур'яненість посівів наступної весни [20]. Високий рівень мінералізації і споживання азоту рослинами проса прутіноподібного може призвести до вилягання посівів [21, 22]. На важких ґрунтах з високим вмістом азоту просо прутіноподібне часто не реагує на внесення азоту, що спостерігається протягом декількох років після першого року вирощування [23].

Наші попередні дослідження свідчать, що для отримання великої врожайності потреба в застосуванні азотних добрив сягає 45–60 кг/га і залежить від родючості ґрунту, на якому закладена енергоплантація [25].

Дослідження інших українських учених підтверджують [26], що врожайність сортів проса прутоподібного на варіантах досліду, де вносили норму азоту 30 та 45 кг/га, була найвищою і становила відповідно 13,5 та 14 т/га для сорту «Кейв-ін-рок» та 11,9 і 12,4 т/га для сорту «Картадж».

На протипагу застосування азоту на посівах світчграсу, науковці рекомендують змішані посіви енергокультур та використання бобового компоненту в них. Наприклад, у Північній Америці були проведені дослідження із сумісного вирощування енергетичних культур: *Andropogon gerardii Vitman*, *Sorghastrum nutans (L.) Nash.*, *Panicum virgatum L.*, *Schizachyrium scoparium (Michx.) Nash.* Визначено позитивні зв'язки між неоднорідністю ґрунту та різноманітністю рослин для екосистем пасовищ. Встановлено, що використання змішаних посівів сприятиме успішності створення на територіях зі змінними типами ґрунтів або рельєфом, що дасть змогу певним видам рости сукупно, спираючись на широкі або вузькі вимоги до екологічних ніш. Коли просо прутоподібне висівали у вигляді суміші з іншими багаторічними травами, автори рекомендують у структурі фітоценозу забезпечити не більше 20 % інших культур [5].

Визначено переваги супутніх сільськогосподарських культур зі зменшення ерозії ґрунту у разі традиційного обробітку землі, а також збільшення потенційної врожайності, що може знизити загальні витрати на вирощування енергоплантацій, особливо, якщо виникне зрідження посівів. Супровідні культури також зменшують популяцію бур'янів під час росту основної культури, але практика управління є важливою для забезпечення сталості. Недоліком використання цих культур є те, що в деяких регіонах урожай неможливий завдяки обмеженому обсягу отриманої біомаси. Просо прутоподібне успішно вегетує під кукурудзою та сорго-суданським гібридом (*Sorghum bicolor x sudanense*) [28, 29].

На протипагу цьому, в інших дослідженнях визначено, що здебільшого лише деякі види рослин у разі сумісного вирощування формували більшу частину врожаю біомаси. Порівняння монокультур енергетичних культур з полікультурами, що склалися з 4–16 видів трав та деревних культур, показало, що монокультури забезпечили більше біомаси, ніж монокультури [30].

Дослідження, проведені в умовах України, підтвердити думку про те, що бобові культури здатні не тільки збільшувати вміст органічної речовини у ґрунті, але і підвищити врожайність біомаси світчграсу [31]. Визначено, що оптимізована технологія вирощування проса прутоподібного дає змогу також підвищити економічну ефективність виробництва його біомаси та знизити енергозатрати на вирощування культури [32].

Зважаючи на це, метою наших досліджень було вивчення динаміки вмісту органічної речовини у ґрунті та особливості формування врожайності біомаси проса прутоподібного за умови вирощування в різновидових посівах із застосуванням азоту в підживленні. *Завдання досліджень*: визначити зміни структури фітоценозу, визначити мінливість вмісту органічної речовини у ґрунті та рівень врожайності сухої біомаси залежно від способу вирощування проса прутоподібного та підживлення посівів.

Матеріали і методи досліджень

Експеримент був проведений в умовах Полтавської області на маргінальних ґрунтах, що мали такі агрохімічні характеристики: ґрунт сірий опідзолений слабо-змитий середньо-суглинковий. Вміст гумусу 3,17 %, забезпеченість ґрунту азотом – 81 мг/кг ґрунту, фосфором – 139 мг/кг ґрунту, калієм – 118 мг/кг ґрунту, рН ґрунту – 6,8.

Матеріалом для дослідження був сортозразок проса прутоподібного «Кейв-ін-рок» (Cave-in-Rock) та люпин повзучий (*Lupinus repens Kuptsov N and Miron.*).

Дослід передбачав вивчення впливу способу вирощування проса прутоподібного на вміст органічної речовини у ґрунті та особливості формування врожайності біомаси проса прутоподібного.

Способи вирощування проса прутоподібного:

Одновидові посіви (Мо) – це посіви однієї культури із заданою шириною міжряддя, що створює умови близькі до оптимальних для росту і розвитку рослин у фітоценозі.

Сумісні посіви (С) – це посіви двох або більше видів рослин на одній ділянці (полі) при відповідному, заздалегідь заданому чергуванні рядків або окремих смуг культур. У таких посівах одна культура (переважно злакова) є основним компонентом, а інша (бобова) – допоміжним. Для посіву культур насіння не змішується, а висівається окремо (одночасно або за два агрозаходи). Цей спосіб вирощування

щування рослин застосовують для одержання максимального врожаю з одиниці площі за мінімальних витрат засобів виробництва.

Змішані посіви (Mi) – це посіви двох або декількох культур, насіння яких перед сівбою змішують або проводять дворазовий незалежний посів культур на тій самій площі. Цей спосіб посіву переважно використовують у разі вирощування кормових культур для отримання високої урожайності суміші рослин.

Схема експерименту поєднувала вивчення таких чинників: фактор А вегетаційний рік: 2010–2017 рр.; фактор Б – вид посіву: одновидовий (Mo), сумісний (C) та змішаний (Mi); фактор В – дози азоту: вар. 1 – N₀, вар. 2 – N₁₅, вар. 3 – N₃₀, вар. 4 – N₄₅, вар. 5 – N₆₀.

У дослідях виконували такі спостереження, обліки та аналізи:

- планування досліджень за методикою наукових досліджень в агрономії та спеціальних методик [34];
- агрохімічні показники ґрунту – визначення вмісту гумусу та перерахунок на вміст органічної речовини проводили за Тюріним згідно з ДСТУ 4289-2004 [35];
- забур'яненість посівів проса прутноподібного визначали по діагоналі ділянки з чотирьох облікових майданчиків розміром 0,25 м² (0,2 × 1,25 м);
- вміст сухої речовини визначали шляхом висушування зразків біомаси до абсолютно сухої маси в сушильній шафі за температури 100–105 °С упродовж 4–6 год.;
- облік урожайності проводили шляхом зважування біомаси поділянково з подальшим перерахунком її до стандартних показників вологості [36];
- отримані результати аналізували за допомогою методів варіативної статистики, зважаючи на НІР₀₅.

Результати досліджень та їх обговорення

Структура фітоценозу проса прутноподібного залежно від виду посіву. За результатами проведеного експерименту з'ясовано, що у сумісних посівах з люпином відбувається витіснення бобового компоненту основною культурою (просом прутноподібним) на 4-й вегетаційний рік. Домінування злакової культури є наслідком конкуренції за світло та поживні речовини з бур'янами, відсотковий склад яких виявився нижчим у сумісних посівах завдяки фітогербіцидному екрану надземної фітомаси люпину (рис.1).

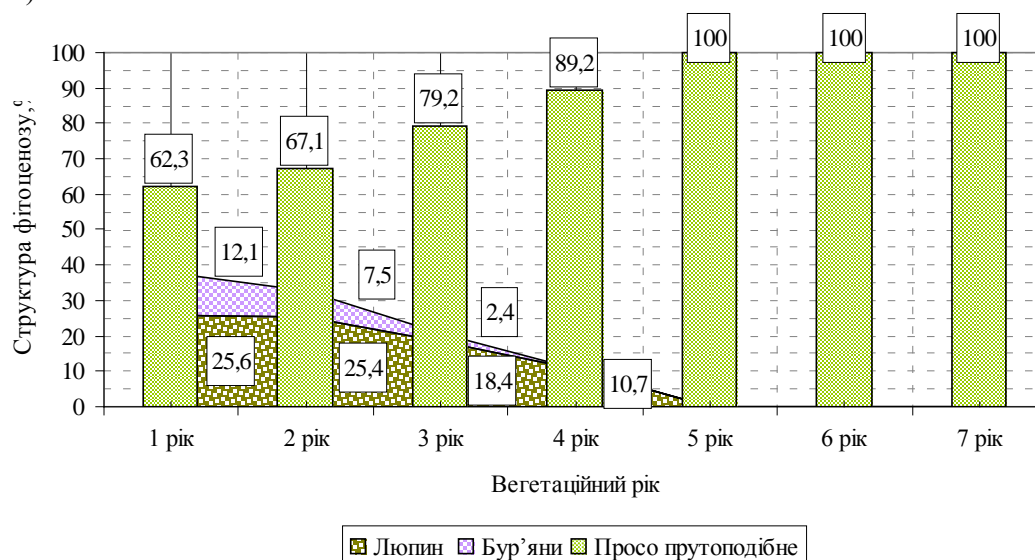


Рис. 1. Структура енергетичної плантації при сумісному посіві проса прутноподібного з люпином, 2010–2016 рр.

Люпин повзучий при весняній сівбі в перший рік життя розвивається повільніше, ніж просо прутноподібне, формуючи невелику розетку довго-черешкових листків, що забезпечує 12,1 % бур'янів у посівах. На другий рік життя люпин відростає в середині квітня – початку травня, має інтенсивний ріст як вегетативної маси, так і кореневої системи, зменшуючи видовий склад небажаної рослинності в міжряддях до 7,5 %. На третій рік вегетації люпин формує розетку листків і стебла та нові пагони з

коренів, при цьому кількість бур'янів знижується до 2,4 %. Цьому також сприяє розростання проса прутноподібного та змикання рослин у міжряддях.

У змішаному посіві тривалість життя люпину становила 3 роки, після чого рослини проса прутноподібного займали 99,9 % структури фітоценозу за компонентним складом (рис. 2). Це відбулося в результаті переходу бобової культури на мінеральне живлення та зменшення фіксації атмосферного азоту внаслідок затінення рослин люпину основним компонентом.

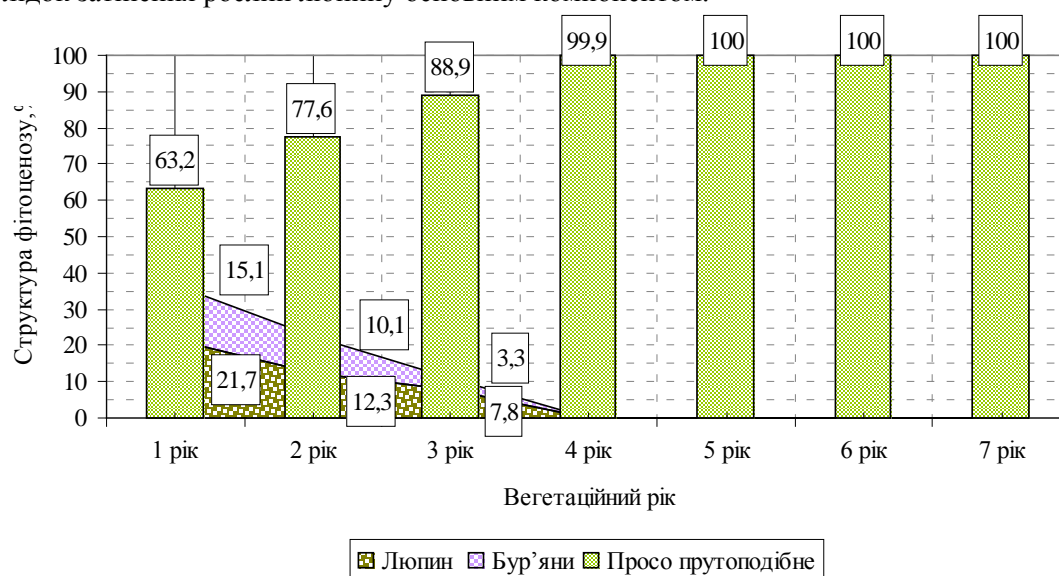


Рис. 2. Структура енергетичної плантації при змішаному посіві прутноподібного з люпином, 2010–2016 рр.

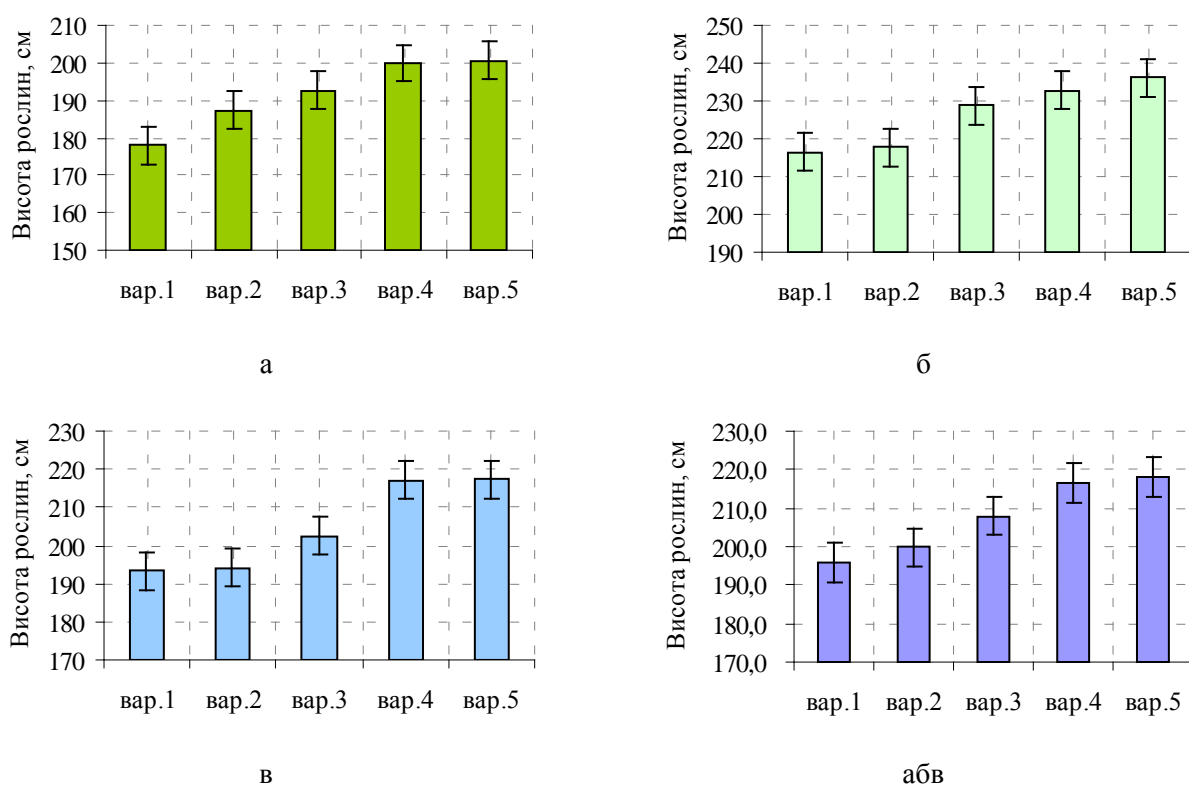
У змішаному посіві проса прутноподібного порівняно із сумісним кількістю бур'янів була більшою на 3,0 % (до 15,1 %), другого року – на 2,6 % (до 10,1 %) та третього – на 0,9 (до 3,3 %), що пов'язано із меншим відсотком допоміжного компоненту (люпину – від 21,7 до 7,8 %) у фітоценозі першого–третього року вегетації проса прутноподібного.

Встановлено, що люпин у сумісних посівах характеризувався прискореним ростом та розвитком надземної вегетативної маси рослин на 6–12 % більше та на 4–10 % більше порівняно зі змішаними посівами. Це пов'язано зі зменшенням кількості бур'янів у міжряддях проса прутноподібного через фітогебіцидний екран люпину, особливо на початкових етапах росту та розвитку рослин основного компоненту.

Мінливість кількісних показників рослин проса прутноподібного залежно від виду та підживлення посівів.

Встановлено, що залежно від виду посіву та застосування азоту в підживлення кількісні показники рослин проса прутноподібного (висота та густина стеблостою) варіювали в широких межах. Ця особливість дуже проявилася з 3–4 року вегетації, коли у фітоценозі зник бобовий компонент та переважав основний – рослини проса прутноподібного.

Кількісні показники рослин проса прутноподібного суттєво відрізнялися за варіантами застосування азоту та залежали від способу посіву. За роки дослідження відмічено збільшення висоти стеблостою проса прутноподібного (від 216,5 до 23,3 см) на варіантах сумісної сівби за внесення N₄₅₋₆₀, суттєво меншими вони були на цих варіантах у змішаних (від 193,3 до 217,3 см) та одновидових посівів – від 177,9 до 200,7 см (рис. 3).



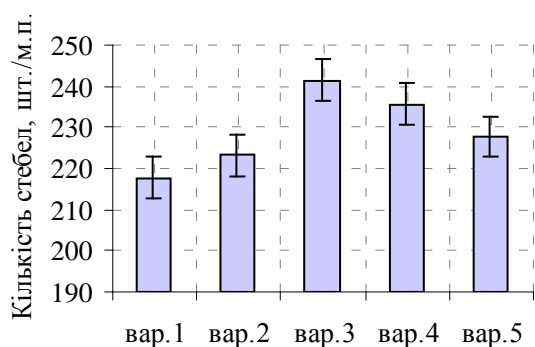
Примітки: вар. 1- N₀, вар. 2- N₁₅, вар. 3- N₃₀, вар. 4- N₄₅, вар. 5- N₆₀.

Рис. 3. Висота рослин (см) проса прутноподібного залежно від виду посіву (а – одновидовий, б – сумісний, в – змішаний, абв – середнє за видами посіву) та застосування азоту для підживлення, 2012-2016 рр.

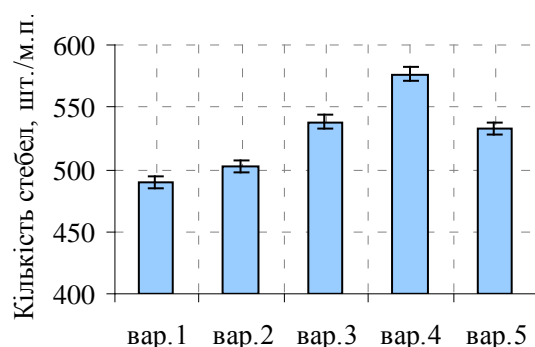
У середньому за роки дослідження третього-сьомого року вегетації висота рослин проса прутноподібного була суттєво нижчою у змішаних посівах на 30,4–38,6 см порівняно із сумісними та на 6,8–17,2 см – із одновидовими. Це пов'язано з тим, що люпин повзучий займав нижній та середній яруси стеблостою, при цьому крайні рядки рослин проса прутноподібного затінювалися. Рослини в середніх рядках основного компоненту були вищими на 6–8 %, ніж у крайніх, що пояснюється впливом внутрішньовидової конкуренції, головно, за світло. При цьому кількість стебел в одновидових посівах була меншою, ніж сумісних та змішаних посівах (рис 4). Це пов'язано з розвитком кореневої системи допоміжного бобового компоненту та розростанням бічних пагонів проса прутноподібного в міжряддях, які до 3–4 року вегетації були зайняті люпином. При вирівнюванні структури фітоценозу до 100 % основним компонентом фітоценозу відбувалося змикання міжряддя та спостерігалась післядія накопиченого азоту люпином, що в поєднанні із вологістю ґрунту та застосування підживлення азотом сприяло інтенсивному використанню елементів живлення рослинами проса прутноподібного.

У середньому за роки дослідження рослини проса прутноподібного в сумісних посівах характеризувалися більшою кількістю стебел на одиницю площі (490,1–576,8 шт./м.п.) порівняно з одновидовим (217,8–241,4 шт./м.п.) та змішаним посівом (364,9–420,3 шт./м.п.). Найбільше значення за показником густоти рослин відмічено на варіантах внесення азоту N₃₀₋₄₅ в одновидових посівах. У змішаному посіві більша густина рослин відмічена при застосуванні N₃₀ у підживленні, а в сумісному – на варіантах внесення N₄₅.

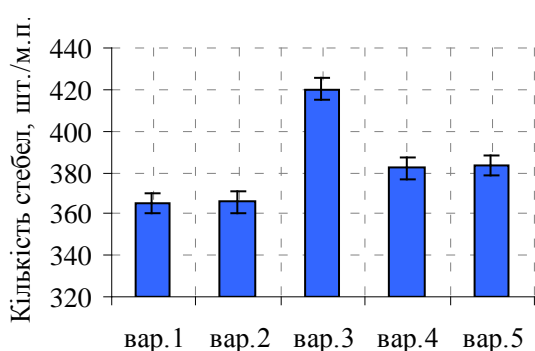
Урожайність біомаси проса прутноподібного залежно від виду та підживлення посівів. Урожайність біомаси проса прутноподібного залежно від виду посіву визначали з 3-го року вегетації (періоду промислового збору врожаю біомаси як сировини для виробництва біопалива). Мінливість врожайності проса прутноподібного залежно від досліджуваних чинників варіювала в межах 1,14–1,50 кг/м², що в перерахунку становило 11,4–15,0 т/га. Узагальнення отриманих даних дало змогу виявити комплексний вплив виду посіву та застосування азотних підживлень на врожайність біомаси проса прутноподібного (табл. 1).



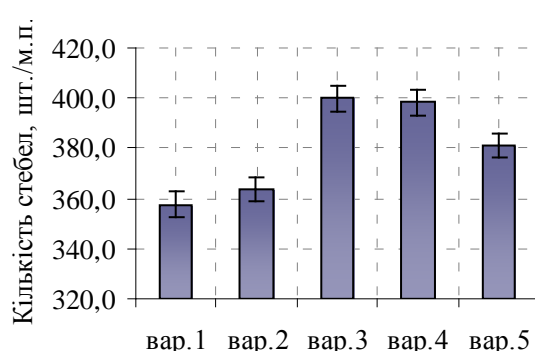
а



б



в



абв

Примітки: вар. 1- N₀, вар. 2- N₁₅, вар. 3- N₃₀, вар. 4- N₄₅, вар. 5- N₆₀.

Рис. 4. Кількість стебел (шт./м.п.) проса прутноподібного залежно від виду посіву (а – одновидовий, б – сумісний, в – змішаний, абв – середнє за видами посіву) та застосування азоту для підживлення, 2012–2016 рр.

1. Урожайність проса прутноподібного залежно від виду посіву та застосування азоту для підживлення (т/га), 2012–2016 рр.

Вид посіву	Внесення азоту	Урожайність, т/га	+ / - до контролю
Одновидовий	варіант 1	11,4	–
	варіант 2	11,7	+0,3
	варіант 3	12,7*	+1,3
	варіант 4	13,4*	+2,0
Сумісний	варіант 1	13,2	–
	варіант 2	15,0*	+2,2
	варіант 3	14,4*	+1,4
	варіант 4	13,8*	+0,6
Змішаний	варіант 1	13,0	–
	варіант 2	13,2	+0,2
	варіант 3	14,7*	+1,7
	варіант 4	13,5*	+0,5
Середнє за варіантами		13,3	1,1

Примітки: * – виявлено істотні відмінності між варіантами. Варіант 1 – N₀, варіант 2 – N₁₅, варіант 3 – N₃₀, варіант 4 – N₄₅, варіант 5 – N₆₀.

Найбільше середнє значення за врожайністю сухої біомаси проса прутноподібного визначено в сумісних посівах (14,4–15,0 т/га) на варіантах підживлення N₁₅₋₃₀, а в сумісних (14,7 т/га) при застосуванні N₄₅. Найменше середнє значення за цим показником виявлено в одновидових посівах (11,4 т/га)

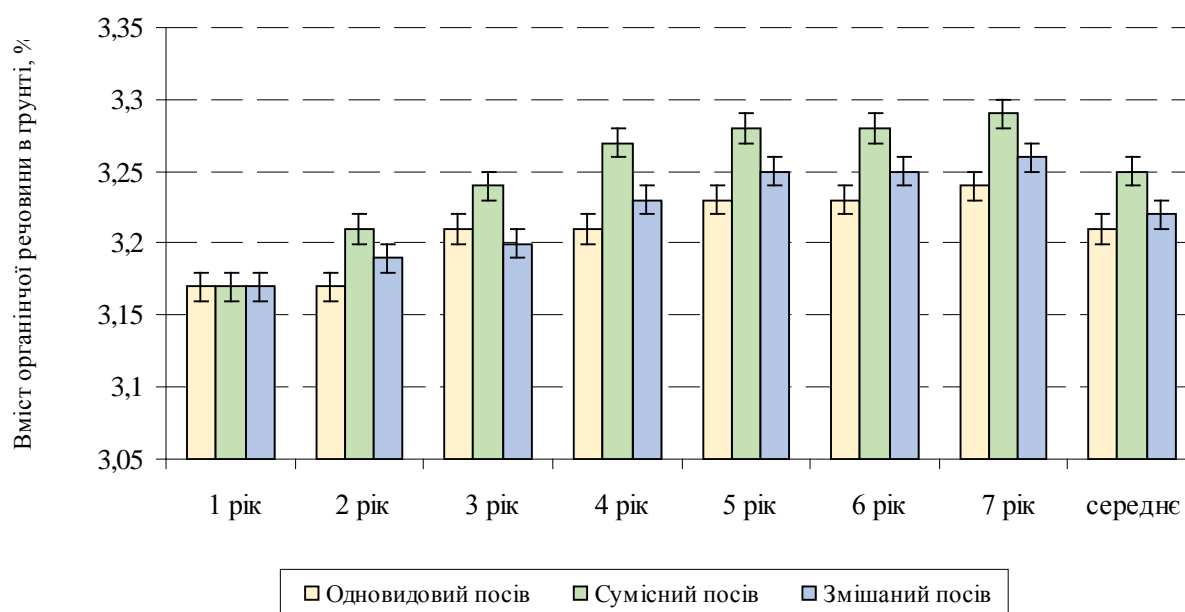
на контрольних варіантах (без застосування азотного підживлення). Істотні відмінності між варіантами досліджуваних факторів підтверджені даними дисперсійного аналізу при рівні значущості менше 0,05 ($p < 0,05$) та критерію Фішера $F_{\text{факт}} > F_{\text{теорет}}$.

Наші висновки збігаються з висновками авторів [37] та [38], які стверджують, що щорічне застосування азотних добрив може підвищити врожайність проса прутноподібного. Інші автори [39] рекомендують застосувати добрива після кожного збирання врожаю, або перед відновлення вегетації рослин. Результати досліджень [40] показують, що на неодобрених багатовидових сумішах енергетичних культур середня врожайність біомаси за роки змінювалася в межах від 3,0 до 9,0 т/га, а внесення 60–120 кг азоту на гектар суттєво збільшує врожайність біомаси проса прутноподібного.

Науковці [41] зазначають, що оптимальний період для підживлення проса прутноподібного – один раз на рік протягом травня або червня. Для досягнення максимальної продуктивності доцільно проводити підживлення після того, як рослини досягли певної зрілості. Водночас визначено, що застосування синтетичного фосфору та калію не спричиняє значного збільшення врожайності проса прутноподібного [42].

На противагу цьому зарубіжні автори [43] стверджують, що зменшення кількості внесення мінерального азоту при вирощуванні проса прутноподібного значно знизить кількість азоту винесеного урожаєм з поля. Цього ж твердження дотримуються інші науковці [44], які дійшли висновку, що застосування азоту для підживлення проса прутноподібного сприятиме накопиченню азотних сполук у рослинах після їх старіння та дозволить зберегти продуктивність культури у довгостроковій перспективі.

Вміст органічної речовини (гумусу) у ґрунті залежно від способу вирощування проса прутноподібного. Результатами досліджень встановлено динаміку зміни вмісту органічної речовини (гумусу) у ґрунті під час багаторічного циклу вирощування проса прутноподібного (2012–2016 рр.) залежно від способу вирощування культури. Коливання значень указанного показника становило 3,17–3,29 % (рис. 5).



HP_{05} (фактор А)	0,020
HP_{05} (фактор Б)	0,019
HP_{05} (фактор АБ)	0,012

Рис. 5. Динаміка вмісту органічної речовини (гумусу) у ґрунті під час вирощування проса прутноподібного, 2010–2016 рр.

Визначено, що весняне підживлення азотом посівів проса прутноподібного розпочинаючи з 3-го року вегетації не мало істотного впливу на динаміку вмісту гумусу у ґрунті. Більший вплив на цей показник мав спосіб вирощування культури у фітоценозі.

Відмічено чітке збільшення середнього значення вмісту органічної речовини (гумусу) у ґрунтах

під сумісними посівами проса прутоподібного – від 3,17 до 3,29 %, суттєве зменшення цього показника у змішаних посівах – до 3,26 % і найменше в одновидових посівах – до 3,24 %. Збільшення середнього значення вмісту органічної речовини (гумусу) в сумісних посівах проса прутоподібного зумовлено утворенням більш оптимальної структури посіву на основі архітектоніки (морфологічної будови) рослин, утворенням сприятливого мікроклімату та розвитком кореневої системи для обох культур. Як наслідок, поліпшився поживний, водний та світловий режими ґрунту за умови оптимального використання земельної площі під посівами злаково-бобових культур. Зменшення динаміки вмісту гумусу у змішаних посівах проса прутоподібного пов'язуємо з конкуренцією рослин та неоднорідністю їхнього габітусу.

Дослідження свідчать, що в перші два роки вирощування проса прутоподібного динаміка вмісту гумусу у ґрунті була незначною (3,17–3,21 %), збільшення показника – всього лише на 0,02–0,04 %. У подальші роки вегетації культури цей показник суттєво зростає до 3,21–3,29 %, динаміка збільшення показника зростає на 0,07–0,12 %.

Отже, люпин є культурою, що здатна забезпечити дотикове живлення для рослин проса прутоподібного в сумісних та змішаних посівах. Це знайшло підтвердження у праці [45], висновки якої свідчать про те, що під час вивчення ефективності компонентів травосумішей виокремлено люпин, що має найбільший азотфіксуючий ефект. Це також підтвердило і нашу гіпотезу щодо зменшення застосування добрив у підживленні через доступний ґрунтовий азот бобових культур. Інші автори [46] встановили, що за продуктивністю і здатністю рослин люпину фіксувати азот існують відмінності між місцями та кліматичними умовами вирощування культури. Автори публікації визначили, що після збирання білого люпину (*Lupinus albus L.*) вміст азоту у ґрунті досягав до 160 кг/га. При цьому визначено, що 60, 34, 8 та 6 кг/т азоту фіксується в надземній масі люпину, відповідно у бобах, пагонах та коренях. Зважаючи на це, можемо припустити, що усі компоненти рослин люпину, залишаючись на полі та при взаємодії із ґрунтом та вологою, здатні збагачувати ґрунтовий комплекс додатковим біологічним азотом свої біомаси.

Як зазначають у свої наукових публікаціях інші автори [47], введення бобових культур у багаторічні бобово-трав'яні суміші зі злаками сприяють симетричній азотфіксації та підвищенню родючості ґрунту, що забезпечується завдяки значній кількості вуглецю та азоту, які містяться в кореневих системах трав'яних та бобових культур. Крім того, багаторічні бобово-злакові суміші здатні формувати високу і стабільну продуктивність біомаси при низьких ризиках втрати азоту з ґрунту [48].

Наші дослідження також збігаються з висновками авторів [49], які з'ясували, що завдяки багаторічному циклу росту й розвитку глибокої кореневої системи та накопичення значної фітомаси енергетичні рослини поліпшують структуру ґрунтів і сприяють поглинанню вуглецю з атмосфери. Виявлено проблему, що пов'язана з викидами парникових газів – це потенційний вплив азотних добрив для агрономічного виробництва енергокультур на викиди N_2O [50]. На нашу думку, цей негативний вплив можна нівелювати шляхом вирощування енергетичних культур сумісно з бобовими, які протягом кількох років свого життя та після відмирання, здатні забезпечувати доступним азотом рослини проса прутоподібного, що і доведено в наших дослідженнях.

Вплив вмісту органічної речовини (гумусу) ґрунту на врожайність біомаси проса прутоподібного. Наші дослідження свідчать про суттєве підвищення врожайності біомаси проса прутоподібного від 3-го по 7-ий рік вегетації при вирощуванні його на безудобреному фоні в одновидових посівах (рис. 6–8) – від 10,2 до 12,5 т/га (у середньому 11,4 т/га), у змішаних посівах – від 11,2 до 14,3 т/га (у середньому 13,2 т/га), та сумісних – від 11,1 до 13,9 т/га (у середньому 13,0 т/га).

Збільшення врожайності біомаси проса прутоподібного тісно пов'язано зі збільшенням вмісту органічної речовини та азоту у ґрунтах за умов вирощування злакової культур разом із бобовим компонентом. Це підтверджує проведений кореляційний аналіз, яким встановлено достовірний зв'язок між показниками врожайності та вмістом органічної речовини (гумусу) у ґрунті залежно від виду посіву. У змішаних посівах коефіцієнт кореляції (r) становив 0,70, у сумісних посівах $r=0,58$, у разі комплексного впливу $r=0,67$ (рис. 9).

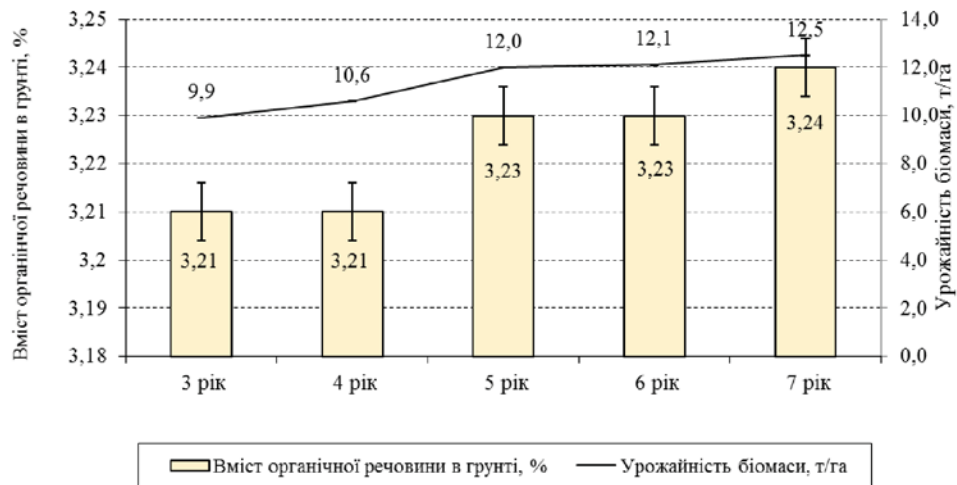


Рис. 6. Вміст органічної речовини у ґрунті та врожайність біомаси проса прутноподібного (одно-видовий посів), 2012–2016 рр.

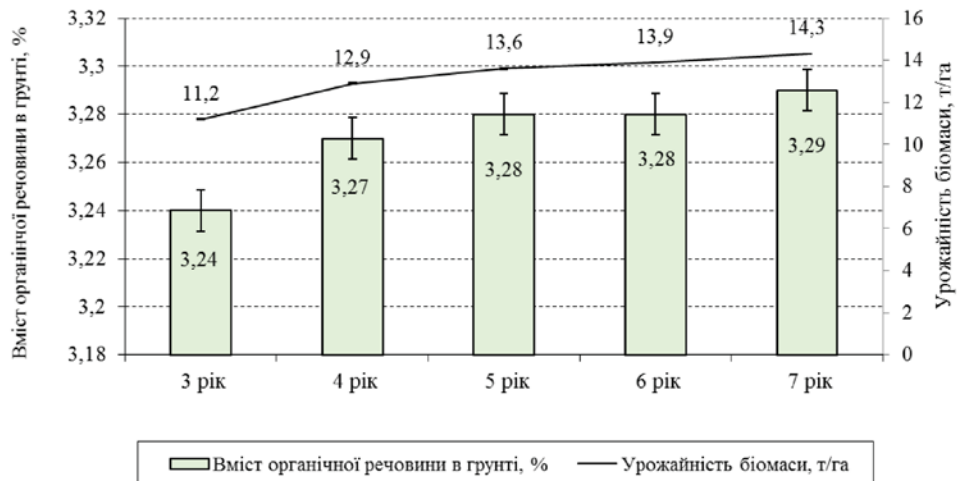


Рис. 7. Вміст органічної речовини у ґрунті та врожайність біомаси проса прутноподібного (сумісний посів), 2012–2016 рр.

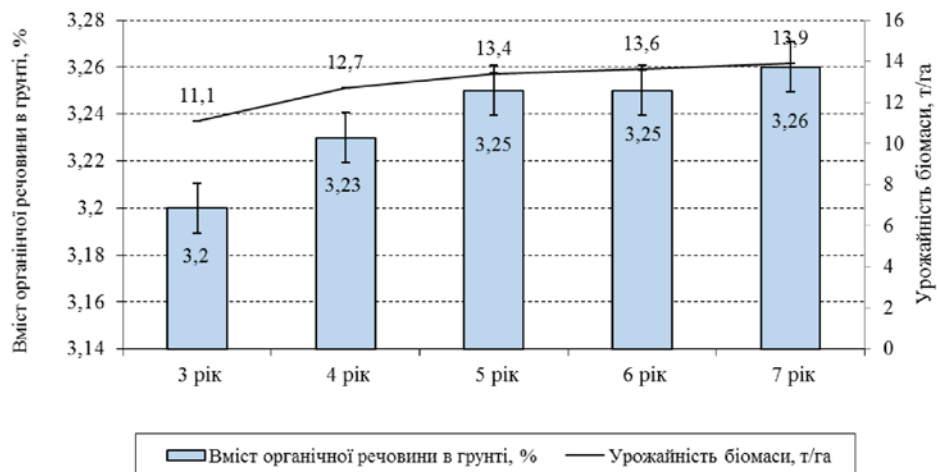


Рис. 8. Вміст органічної речовини у ґрунті та врожайність біомаси проса прутноподібного (змішаний посів), 2012–2016 рр.

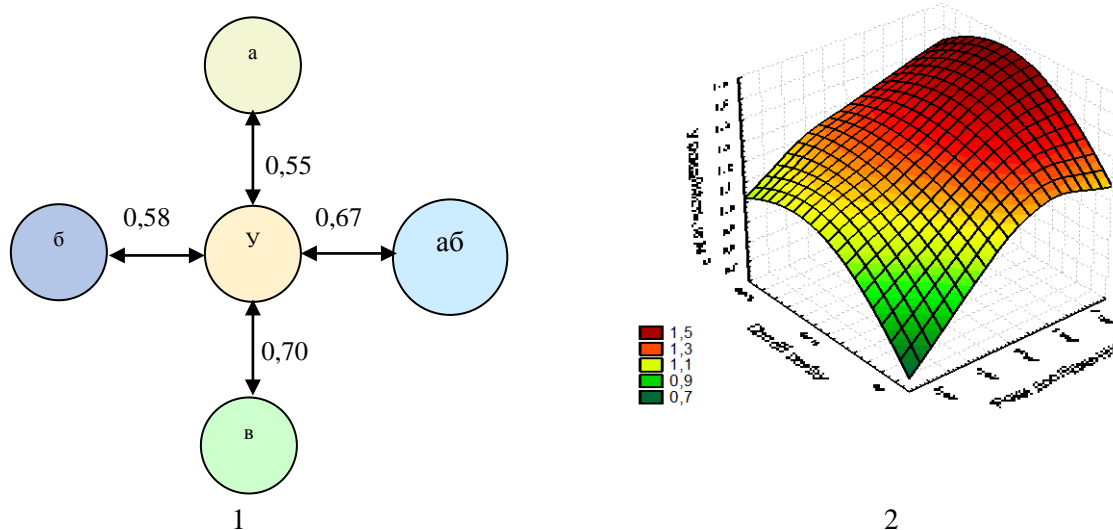


Рис. 9. Залежність між урожайністю (Y) проса прутноподібного і вмістом органічної речовини у ґрунтах одновидових (а), сумісних (б), змішаних посівів (в) та комплексний вплив (аб), 2012–2016 рр.

Отже, встановлено комплексний вплив виду посіву на вміст органічної речовини у ґрунті у тісному зв'язку із врожайністю біомаси проса прутноподібного (рис. 9). В одновидових посівах порівняно із безудобреними варіантами зафіксовано збільшення врожайності проса прутноподібного при застосуванні підживлення від 0,3 до 2,0 т/га, у сумісних – від 0,6 до 2,2 т/га, у змішаних – від 0,2 до 1,7 т/га. Така закономірність залежить як від застосування азотних добрив у різновидових посівах, так і від вмісту органічної речовини у ґрунті: при зростанні цього показника встановлено динаміку суттєвого збільшення врожайності біомаси. Що також підтверджується результатами зарубіжних авторів [51], які встановили, що вміст органічної речовини ґрунту варіював від 0,6 до 4,3 мг/га для глибини ґрунту 0–30 см. Приріст продуктивності проса прутноподібного в середньому за 5 років дослідження становив $2,5 \pm 0,7$ т/га. Відмічено суттєве збільшення вуглецю в шарі 0–30 см ($P = 0,03$) – від 1,1 до 2,9 мг/га і на глибині 0–120 см ($P = 0,07$), при від 4,0 і 10,6 мг/га.

Висновки

1. Вид посіву проса прутноподібного має суттєвий вплив на збільшення тренду висоти рослин (у разі сумісного посіву – до 200,7 см, у разі змішаного посіву – до 236,3 см) протягом багаторічного циклу вирощування, особливо при підживленні посівів азотом навесні. Густота стеблостою зростає до 576,8 шт./м.п. на варіантах сумісної сівби з люпином при внесенні N_{45} , та до 420,3 шт./м.п. – при змішаному посіві проса прутноподібного на варіантах з внесенням N_{30} .

2. Встановлено, що найбільшу врожайність за сухою біомасою просо прутноподібне формує в сумісних посівах (14,4–15,0 т/га) на варіантах підживлення N_{15-30} , а у змішаних досягає рівня 14,7 т/га при застосуванні більшої норми азоту N_{45} .

3. Результати багаторічних досліджень свідчать, що вміст органічної речовини в орному шарі ґрунту порівняно з першим роком у сумісних посівах проса прутноподібного зростає на 0,12 %, у змішаних посівах на 0,09 %, у одновидових посівах – на 0,07 %. Це дає змогу стверджувати – вирощування проса прутноподібного в сумісних та змішаних посівах з люпином є дієвим заходом для підвищення родючості ґрунту та його стійкості через зменшення використання мінеральних добрив для підживлення.

4. Встановлено суттєве збільшення врожайності біомаси проса прутноподібного при вирощуванні його у змішаних та сумісних посівах у тісному зв'язку зі вмістом органічної речовини у ґрунті. Для змішаних посівів коефіцієнт кореляції між цими показниками (r) становив 0,77, для сумісних посівів – $r = 0,58$, для одновидових – $r = 0,55$.

Перспективи подальших досліджень передбачають визначення динаміки вмісту NPK у ґрунті та врожайності біомаси залежно від виду та системи підживлення посівів проса прутноподібного під час багаторічного циклу використання енергоплантації.

References

1. Pryshliak, N., Kurylo, V., & Pryshliak, V. (2020). Development of bioenergy as a component of ensuring energy security of Ukraine. *Ekonomika ta Derzhava*, 4, 146–155. doi: 10.32702/2306-6806.2020.4.146 [In Ukrainian].
2. Gosselink, R. J. A., & Elbersen, H. W. (2002). Economic and environmental evaluation of switchgrass production and utilization. Retrieved from: https://www.switchgrass.nl/upload_mm/3/0/6/a0982a5d-bb01-4054-92bc-d7ba96c8fa7a_Elbersen et al 2003. Final report Eu switchgrass project.pdf.
3. Siemons, P. (2001) Economic aspects of switchgrass utilization for energy conversion. *Final report FAIR*, 5-CT97-3701, 51–53.
4. Kalinichenko, O. V., & Kulyk, M. I. (2018). Economic efficiency of rod-shaped millet (switchgrass) cultivation within the forest-steppe of Ukraine. *The Economy of Agro-Industrial Complex*, 11, 19. doi: 10.32317/2221-1055.201811019.
5. Kulyk, M. I., Syplyva, N. O., & Rozhko, I. I. (2018). Urozhaynist' ta efektyvnist' vyrobnytstva biomasy enerhetychnykh kul'tur zalezno vid elementiv tekhnolohiyi vyroshchuvannya. *Tavriyskyy Naukovyy Visnyk*, 104, 148–158. doi: 10.32851/2226-0099.2019.107.12 [In Ukrainian].
6. Galytska, M. A., Pysarenko, P. V., & Kulyk, M. I. (2018). Humifikatsiyno-mineralizatsiyni protsesy yak pokaznyk akumuliyatsiyi karbonu v gruntakh. *Tavriyskyy Naukovyy Visnyk*, 102, 130–136 [In Ukrainian].
7. Kulyk, M. I., Galytska, M. A., Samoylik, M. S., & Zhornyk, I. I. (2018). Phytoremediation Aspects of Energy Crops Use in Ukraine. *Agrology*, 1 (4), 373–381. doi: 10.32819/2617-6106.2018.14020.
8. Elbersen, H. W., Christian, D. G., & El Bassam, N. (2001) Switchgrass variety choice in Europe. *Final report FAIR* 5-CT97-3701, 33–39.
9. Kulyk, M., Rakhmetov, D., Rozhko, I., & Syplyva, N. (2019). The study of the varietal specimens of switchgrass (*Panicum virgatum* L.) on a complex of useful signs in the Central Forest-Steppe of Ukraine conditions. *Plant Varieties Studying And Protection*, 15 (4), 354–364. doi: 10.21498/2518-1017.15.4.2019.188549.
10. Riche, A. B., Gezan, S. A., & Yates, N. E. (2008). An empirical model for switchgrass to predict yield from site and climatic variables. *Aspects of Applied Biology*, 90, 213–218.
11. Kulyk, M. I. (2018). Analiz kompleksnoho vplyvu ahrozakhodiv na urozhaynist' prosa prutopodibnoho v umovakh tsentral'noho lisostepu Ukrayiny. *Visnyk Poltavskoyi Derzhavnoyi Ahraranoi Akademiyi*, 90 (3), 74–86. doi: 10.31210/visnyk2018.03.11 [In Ukrainian].
12. Van den Berg, D., & de Visser, P. (2001). Thermal conversion of switchgrass. *Final Report FAIR* 5-CT97-3701, 48–50.
13. Samson, R. A., & Omielan, J. A. (1992). Switchgrass: A potential biomass energy crop for ethanol production. *Thirteenth North American Prairie Conference*. – Windsor, Ontario.
14. Elbersen, H. W. (2001). Switchgrass variety choice in Europe. *Aspects of Applied Biology*, 65, 21–28.
15. Monti, A., Venturi, P., & Elbersen, H. W. (2001). Evaluation of the establishment of lowland and upland switchgrass (*Panicum virgatum* L.) varieties under different tillage and seedbed conditions in northern Italy. *Soil and Tillage Research*, 63 (1), 75–83. doi: 10.1016/S0167-1987(01)00238-0.
16. Minelli, M., Rapparini, L., & Venturi, G. (2004). Weed management in switchgrass crop. *2nd World Conference on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection, 10-14 May*, Retrieved from: http://www.cres.gr/bioenergy_chains/files/pdf/Articles/7-Rome V1A_111.pdf.
17. Makukh, Ya. P., Remenyuk, S. O., & Naydenko, V. V. (2019). Produktyvnist' prosa prutopodibnoho zalezno vid yoho hustoty ta nayavnosti bur'yaniv u posivakh. *Tavriyskyy Naukovyy Visnyk*, 107, 125–131. doi: 10.32851/2226-0099.2019.107.16 [In Ukrainian].
18. Monti, Andrea, Fazio, S., & Venturi, G. (2009). Cradle-to-farm gate life cycle assessment in perennial energy crops. *European Journal of Agronomy*, 31 (2), 77–84. doi: 10.1016/j.eja.2009.04.001.
19. Fazio, S., Fazio, S., & Monti, A. (2011). Life cycle assessment of different bioenergy production systems including perennial and annual crops. *Biomass and Bioenergy*, 35 (12), 4868–4878. doi: 10.1016/j.biombioe.2011.10.014.
20. Moser, L. E., & Vogel, K. P. (1995). Big Bluestem, and Indiangrass. In: *Forages-an introduction to grassland agriculture*. Barnes, R. F., Miller, D. A., Nelson, C. J. (eds.). Ames, Iowa: Iowa University Press.
21. Parrish, D. J., & Fike, J. H. (2005). The Biology and Agronomy of Switchgrass for Biofuels. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 24 (5–6), 423–459. doi: 10.1080/07352680500316433.

22. Lee, D. K., Parrish, A. S., & Voigt, T. B. (2014). Switchgrass and Giant Miscanthus Agronomy. In: Y. Shastri, A. Hansen, L. Rodríguez, & K. C. Ting (Eds.), *Engineering and Science of Biomass Feedstock Production and Provision* (pp. 37–59). Springer New York. doi: 0.1007/978-1-4899-8014-4_3.
23. Samson, R., Drisdelle, M., Mulkins, L., Lapointe, C., & Duxbury, P. (2000). The use of switchgrass biofuel pellets as a greenhouse gas offset strategy; download at <http://www.reap-canada.com/library.htm> (accessed June 2012). *Bioenergy 2000 - Proceedings of the 9th Biomass Conference of the Americas*, 1–11.
24. Turhollow, A. F. (1991). Screening herbaceous lignocellulosic energy crops in temperate regions of the United States. *Bioresource Technology*, 36 (3), 247–252. doi: 10.1016/0960-8524(91)90231-8.
25. Kulyk, M. I., Syplyva, N. O., & Babych, O. V. (2019). Formuvannya vrozhaynosti prosa prutopodibnoho zalezho vid shyryny mizhryad' i pidzhyvlennya posiviv. *Zroshuvane Zemlerobstvo: Mizhvidomchyy Tematychnyy Naukovyy Zbirnyk.*, 72, 28–34 [In Ukrainian].
26. Branits'kyy, Yu. Yu. (2020). Obgruntuvannya tekhnolohichnykh pryomiv vyroshchuvannya prosa lozovydnoho (svitchhras) dlya umov Lisostepu Pravoberezhnoho. *Extended abstract of candidate's thesis*. [In Ukrainian].
27. Propheter, J. L., & Staggenborg, S. (2010). Performance of annual and perennial biofuel crops: Nutrient remover during the first two years. *Agronomy Journal*. № 102(2), pp.798-805 doi: 10.2134/agronj2009.0462.
28. Hintz, R. L., Harmony, K. R., Moore, K. J., George, J. R., & Brummer, E. C. (1998). Establishment of switchgrass and big bluestem in corn with atrazine. *Agronomy Journal*. № 90(5), pp.591-596 doi: 10.2134/agronj1998.00021962009000050004x.
29. Griffith, A. P., Epplin, F. M., Fuhlendorf, S. D., & Gillen, R. (2011). A comparison of perennial polycultures and monocultures for producing biomass for biorefinery feedstock. *Agronomy Journal*. № 103(3), pp.617-627 doi: 10.2134/agronj2010.0336.
30. Taranenko, A., Kulyk, M., Galytska, M., & Taranenko, S. (2019). Effect of cultivation technology on switchgrass (*Panicum virgatum* L.) productivity in marginal lands in Ukraine. *Acta Agrobotanica*, 72 (3), 1–11. doi: 10.5586/aa.1786.
31. Kulyk, M., Kurilo, V., Pryshliak, N., & Pryshliak, V. (2020). Efficiency of Optimized Technology of Switchgrass Biomass Production for Biofuel Processing. *Journal Of Environmental Management And Tourism*, 1 (11), 173–185. doi: 10.14505//jemt.v11.1(41).20.
32. Kulyk, M. I., Rakhmetov, D. B., & Kurylo, V. L. (2017). *Metodyka provedennya pol'ovykh ta laboratornykh doslidzhen' z prosom prutopodibnym (Panicum virgatum L.)*. Poltava: RVV PDAA [In Ukrainian].
33. Schmer, M. R., Vogel, K. P., Mitchell, R. B., & Perrin, R. K. (2008). Net energy of cellulosic ethanol from switchgrass. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105 (2), 464–469. doi: 10.1073/pnas.0704767105.
34. Elbersen, H. W., Christian, D. G., El Bassem, N., Bacher, W., Sauerbeck, G., Alexopoulou, E., Sharma, N., Piscioneri, I., de Visser, P., & van den Berg, D. (2001). Switchgrass variety choice in Europe. *Aspects of Applied Biology*, 65, 21–28. Retrieved from: https://teeltdegronduit.nl/upload_mm/2/2/f/cbed02f9-6885-4a4f-9d01-74425ddbcee6_Elbersen et al. 2001. Switchgrass variety choice..pdf.
35. DSTU 4289:2004. *Yakist' gruntu. Metody vyznachannya orhanichnoyi rehovyny. Chynnyi vid 2005-07-01*. Derzhspozhyvstandart Ukrainy. Retrieved from: http://document.ua/jakist-gruntu_-metodiviznachannja-organichnoyi-rehovini-nor16026.html [In Ukrainian].
36. Kulyk, M., & Elbersen, W. (2012). *Methods of calculation productivity phytomass for switchgrass in Ukraine*. Poltava
37. Vogel, K. P., Brejda, J. J., Walters, D. T., & Buxton, D. R. (2002). Switchgrass biomass production in the midwest USA: Harvest and nitrogen management. *Agronomy Journal*, 94 (3), 413–420. doi: 10.2134/agronj2002.0413.
38. Lemus, R., Charles Brummer, E., Lee Burras, C., Moore, K. J., Barker, M. F., & Molstad, N. E. (2008). Effects of nitrogen fertilization on biomass yield and quality in large fields of established switchgrass in southern Iowa, USA. *Biomass and Bioenergy*, 32 (12), 1187–1194. doi: 10.1016/j.biombioe.2008.02.016.
39. Lemus, R., & Lal, R. (2005). Bioenergy Crops and Carbon Sequestration. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 24 (1), 1–21. doi: 10.1080/07352680590910393.
40. Carlsson, G., Mårtensson, L.-M., Prade, T., Svensson, S.-E., & Jensen, E. S. (2016). Perennial species mixtures for multifunctional production of biomass on marginal land. *GCB Bioenergy*, 9 (1), 191–201.

doi: 10.1111/gcbb.12373.

41. Vogel, K. P. (2004). Humans, Climate, and Plants: the Migration of Crested Wheatgrass and Smooth Bromegrass to the Great Plains of North America. In D. Werner (Ed.), *Biological Resources and Migration* (pp. 35–45). Springer Berlin Heidelberg.

42. Helton, T. J., Butler, T. J., McFarland, M. L., Hons, F. M., Mukhtar, S., & Muir, J. P. (2008). Effects of Dairy Manure Compost and Supplemental Inorganic Fertilizer on Coastal Bermudagrass. *Agronomy Journal*, 100, 924–930. doi: 10.2134/agronj2007.0305.

43. Yang, Y.-Y., Jung, J.-Y., Song, W.-Y., Suh, H.-S., & Lee, Y. (2000). Identification of Rice Varieties with High Tolerance or Sensitivity to Lead and Characterization of the Mechanism of Tolerance. *Plant Physiology*, 124 (3), 1019–1026. Retrieved from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC59201/>.

44. Miesel, J. R., Jach-Smith, L. C., Renz, M. J., & Jackson, R. D. (2017). Distribution of switchgrass (*Panicum virgatum* L.) aboveground biomass in response to nitrogen addition and across harvest dates. *Biomass and Bioenergy*, 10, 74–83. doi: 10.1016/j.biombioe.2017.03.012.

45. Borowska, M., Prusinski, J., & Kaszkowiak, E. (2016). Production results of intensification of cultivation technologies in three lupin (*Lupinus* L.) species. *Plant, Soil and Environment*, 61 (9), 426–431. doi: 10.17221/455/2015-pse.

46. Ledda, L., Deligios, P. A., Farci, R., & Sulas, L. (2013). Biomass supply for energetic purposes from some Cardueae species grown in Mediterranean farming systems. *Industrial Crops and Products*, 47, 218–226. doi: 10.1016/J.INDCROP.2013.03.013.

47. Dybzinski, R., Fargione, J. E., Zak, D. R., Fornara, D., & Tilman, D. (2008). Soil fertility increases with plant species diversity in a long-term biodiversity experiment. *Oecologia*, 158 (1), 85–93. doi: 10.1007/s00442-008-1123-x.

48. Luo, B., Du, Y., Han, W., Geng, Y., Wang, Q., Duan, Y., Ren, Y., Liu, D., Chang, J., & Ge, Y. (2020). Reduce health damage cost of greenhouse gas and ammonia emissions by assembling plant diversity in floating constructed wetlands treating wastewater. *Journal of Cleaner Production*, 244, 118927. doi: 10.1016/j.jclepro.2019.118927.

49. Samson, R., Girouard, P., & Chen, Y. (1997). Evaluation of switchgrass and short-rotation forestry willow in eastern Canada as bio-energy and agri-fibre feedstocks. *Biomass conference of the Americas on making a business from biomass in energy, environment, chemicals, fibers and materials*. Montreal

50. Samson, R. A., & Omielan, J. A. (2001). Switchgrass: A potential biomass energy crop for ethanol production. *Thirteenth North American Prairie Conference*.

51. McLaughlin, S. B., & Walsh, M. E. (1998). Evaluating environmental consequences of producing herbaceous crops for bioenergy. *Biomass and Bioenergy*, 14(4), 317–324. doi: 10.1016/S0961-9534(97)10066-6.

Стаття надійшла до редакції 06.07.2020 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Тараненко А. О., Кулик М. І., Тараненко С. В., Галицька М. А. Вплив способу вирощування проса прутноподібного на динаміку органічної речовини у ґрунті та врожайність біомаси. *Вісник ПДАА*. 2020. № 3. С. 135–149.

© Тараненко Анна Олексіївна, Кулик Максим Іванович,
Тараненко Сергій Володимирович, Галицька Марина Анатоліївна, 2020