УДК 633.179:631.559:620.952:631.5

ДИНАМІКА УРОЖАЙНОСТІ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ФІТОМАСИ ПРОСА ПРУТОПОДІБНОГО ЗА БАГАТОРІЧНОГО ЦИКЛУ ВИРОЩУВАННЯ

М. І. Кулик, к.с.-г.н., доцент, Полтавська державна аграрна академія

У статті досліджено шість сортів проса прутоподібного, подано зміни врожайності їхньої веґетативної надземної маси та динаміку продуктивності за багаторічного циклу вирощування. Визначено, що найбільший потенціал фітомаси від першого по п'ятий рік веґетації формують сорти Картадж (від 2,3 до 13,3 т/га), Шелтер (від 3,3 до 12,1 т/га), середній рівень – Форесбург, Самбурст і Кейв-ін-рок. Найменшу динаміку продуктивності і потенціал врожайності сухої надземної веґетативної маси мав сорт Небраска – від 1,9 до 9,7 т/га. Розраховано енерґетичний потенціал фітомаси досліджуваних сортів проса прутоподібного як сировини для виробництва твердого біопалива.

Ключові слова: урожайність, фітомаса, просо прутоподібне (світчграс), вегетаційний рік, ефективність.

Постановка проблеми. На даний час, у зв'язку з інтенсивним використанням непоновлюваних джерел енерґії постає гостра проблема задоволення зростаючих потреб людства, особливо енерґетичних. Як відмічає Я. Б. Блюм із співаторами [1], насьогодні у Світі 35 % енерґетичних потреб покривається завдяки використанню нафти, 23 % за рахунок вугілля, 21 % – природного газу, 7 % – ядерного палива. Усі ці ресурси є непоновлюваними. Окрім того, за різними прогнозами, розвіданих та використовуваних енерґетичних ресурсів лишилося не так уже й багато: за нинішніх темпів видобування вугілля вистачить приблизно на 200 років, а природного газу, нафти та ядерного палива – на 40 років.

В умовах дефіциту енерґоресурсів все більше уваги приділяється можливості використання енерґетичних культур та рослинних решток сільськогосподарського господарства як альтернативних джерел енергії. Інтенсивний розвиток програм виробництва палива з відновлюваних джерел рослинної сировини в економічно розвинених країнах можна розглядати як підготовку їхньої економіки до можливого, в довгостроковій перспективі, дефіциту вуглеводневої сировини для виробництва палива. Світова індустрія різних видів біопалива характеризується наявністю широкого спектру заходів законодавчого та нормативно-правового забезпечення розвитку біоенерґетики, а також державних програм, спрямованих на збільшення виробництва біопалива в певній країні [5]. Як наслідок, у Світі спостерігається невпинне зростання виробництва енерґетичних ресурсів з відновлюваних джерел, з-поміж яких значного розвитку набувають енерґоносії біологічного походження.

В Україні, на фоні зменшення непоновлюваних енерґетичних джерел та зростання використання природних ресурсів, використання відновлювальних джерел енерґії, в тому числі біомаси рослин, набуває актуального значення. Все це засвідчує необхідність проведення відповідних досліджень з вивчення потенціалу доступного рослинного енерґетичного ресурсу, спеціально вирощених енерґетичних культур та можливості використання їхнього потенціалу для отримання дешевого біопалива.

Аналіз основних досліджень і публікацій. Як відмічає М. В. Роїк із співавторами [15], сприятливі ґрунтово-кліматичні умови та достатня кількість вільних земель, не задіяних у вирощуванні продовольчих та кормових продуктів, дозволяють Україні зайняти лідируюче місце серед європейських країн щодо виробництва і використання біопалива. Розвиток біоенерґетики дозволить Україні позбутися статусу енерґодефіцитної держави, зміцнити її економічну, політичну та енерґетичну незалежність.

На даний час значну кількість рослин вже досліджено для визначення потенційної можливості використання їхнього енерґетичного потенціалу, але лише невелику кількість культур вирощують на значних площах. З них найбільш поширеними є представники родів Miscanthus (види міскантуса), Salix (верба), Populus (тополя) та Panicum (просо прутоподібне – світчграс). Ці рослини культивують на одному місці від 10 до 30 років. Підготовка ґрунту для їх вирощування не потребує великих енерґетичних витрат. До перспективних енерґетичних рослин можна віднести цукровий та кормовий буряк і сорго цукрове [15].

З поміж енерґетичних культур світчграс є однією з рослин, у якої низька собівартість виробництва фітомаси – сировини для біопалива, та висока продуктивність надземної веґетативної маси за багаторічного циклу використання. Просо прутоподібне вивчають у різних ґґрунтово-кліматичних зонах України: в Національному ботанічному саду ім. М. М. Гришка [13], на Веселоподільській, Ялтушківській дослідних станціях [14], в Борщівському аґротехнічному коледжі (Тернопільська область) [2], Львівській філії УкрНДІВП ім. Л. Погорілого [6] та інших установах.

За інтродукції світчграсу в Національному ботанічному саду ім. М. М. Гришка НААН України, було встановлено [13], що рослини Panicum virgatum за роки дослідження характеризувалися високими ростовими параметрами, урожаєм та

цінним хімічним складом. Основні морфометричні параметри рослин проса прутоподібного залежали від умов вегетації, періоду розвитку та формових особливостей. В нових умовах майже всі форми Panicum virgatum проходять повний цикл розвитку (від насіння до насіння) протягом одного вегетаційного періоду. Окрім того, Д. Б. Рахметов, О. М. Вергун та С. О. Рахметова встановили, що просо прутоподібне забезпечує великий вихід сухої речовини, етанолу та енерґії з надземної маси у різні періоди розвитку рослин. Урожайність фітомаси рослин у період викидання волоті у ранньостиглих форм менша, ніж у пізньостиглих. В цілому продуктивність рослин за виходом сухої речовини, етанолу та енерґії з надземної маси у фазі цвітіння суттєво збільшується порівняно з фазою викидання волоті. Із завершенням періоду активної вегетації рослин відбувається значне зменшення основних показників продуктивності. Пізні форми Panicum virgatum за продуктивністю значно переважають ранні.

Поряд з цим, іноземні вчені визначили, що урожайність світчграсу змінюється від 10 т/га сухої маси на північно-європейських ґрунтах з низькою родючістю до 25 т/га на південно-європейських ґрунтах з високою родючістю. З площі 1 га можна отримати від 5 до 12 т умовного палива [18]. Просо прутоподібне можна вирощувати на землях, непридатних для культивування інших сільськогосподарських рослин. Ця рослина відзначається низькою собівартістю технології вирощування, потребує незначних вкладень, забезпечуючи високі врожаї біомаси навіть на збіднених на поживні речовини ґрунтах [16].

Цю думку підтримує М. Я. Гументик [3], результати його досліджень засвідчили, що просо прутоподібне, завдяки потужній кореневій системі та можливостям довготривалого використання є перспективною, економічно вигідною біоенерґетичною культурою для вирощування на малопродуктивних землях у більшості регіонів України.

Поряд з цим, за вивчення 9 сортів світчграсу в умовах лівобережного Лісостепу було встановлено, що усі сорти: Forestburg, Sunburst, Nebraskà, Dacotach, Carthage, Kanlow, Alamo, Cave-in-Rock, Shelter придатні для інтродукції в Україні. З-поміж них, найбільш урожайними виявились сорти Канлоу та Картадж [12].

В той же час за вивчення енерґетичних культур в умовах Полісся В. В. Думичем із співавторами було встановлено [6], що ґрунтово-кліматичні умови регіону вирощування є сприятливими для вирощування світчграсу сорту Картадж. Оптимальний строк сівби та норма висіву насіння забезпечують необхідні умови для росту і розвитку рослин світчграсу, а його продуктивність в значній мірі залежить від вологості ґрунту.

Дослідження, проведені автором в умовах центральної частини Лісостепу [8] свідчать про високий потенціал врожайності сухої веґетативної маси сортів проса прутоподібного Форесбург і Кейв-ін-рок третього і четвертого року веґетації.

Отже, для збільшення відсотку промислового виробництва та споживання біологічних видів палива нашої країни в цілому та Полтавської області, зокрема, необхідно всебічно досліджувати та ширше впроваджування у виробництво найбільш перспективні сорти, розробляти новітні технології вирощування енерґетичних культур, удосконалювати логістичний ланцюг виробництва та постачання рослинної сировини для виробництва біопалива.

Мета досліджень: встановити динаміку урожайності веґетативної надземної маси (фітомаси) сортів проса прутоподібного та їхнього енерґетичного потенціалу в умовах Полтавської області.

Відповідно до поставленої мети передбачалось вирішення наступних *завдань:*

1. Визначити динаміку урожайності фітомаси сортів проса прутоподібного в розрізі років.

2. Встановити найбільш урожайні за сухою веґетативною масою сорти світчграсу.

3. Розрахувати енерґетичний потенціал фітомаси сортів проса прутоподібного як сировини для виробництва біопалива.

Методика та умови проведення досліджень. Експериментальна робота протягом 2011–2015 років виконана згідно державної науково-дослідної теми «Агроекологічні засади вирощування енергетичних культур в умовах України» (№ держ. реєстрації 0114U004828).

Дослідження з сортами проса прутоподібного проводилися впродовж 2011-2015 рр. на базі Полтавської державної аграрної академії. За проведення багаторічних досліджень застосовували як загальноприйняту методику польового досліду [4] так і спеціальні методики [9, 10]. Урожайність фітомаси світчграсу визначали шляхом скошування рослин, послідуючого їхнього зважування, висушування відібраної проби та перерахунку на суху масу з урахуванням вологості сировини [17]. Енерґетичний потенціал вегетативної надземної маси проса прутоподібного визначали згідно методики Р. В. Морозова [11].

Отримані результати досліджень обробляли за сучасними методами статистики із застосуванням комп'ютерних програм Excel та Statistaca 6.0.

Результати досліджень. За результатами багаторічного експерименту було встановлено врожайність сортів проса прутоподібного в розрізі років, що варіювала у широких межах (табл. 1).

Таблиця 1

Урожайність сухої фітомаси проса прутоподібного, т/га (2011–2015 рр.)

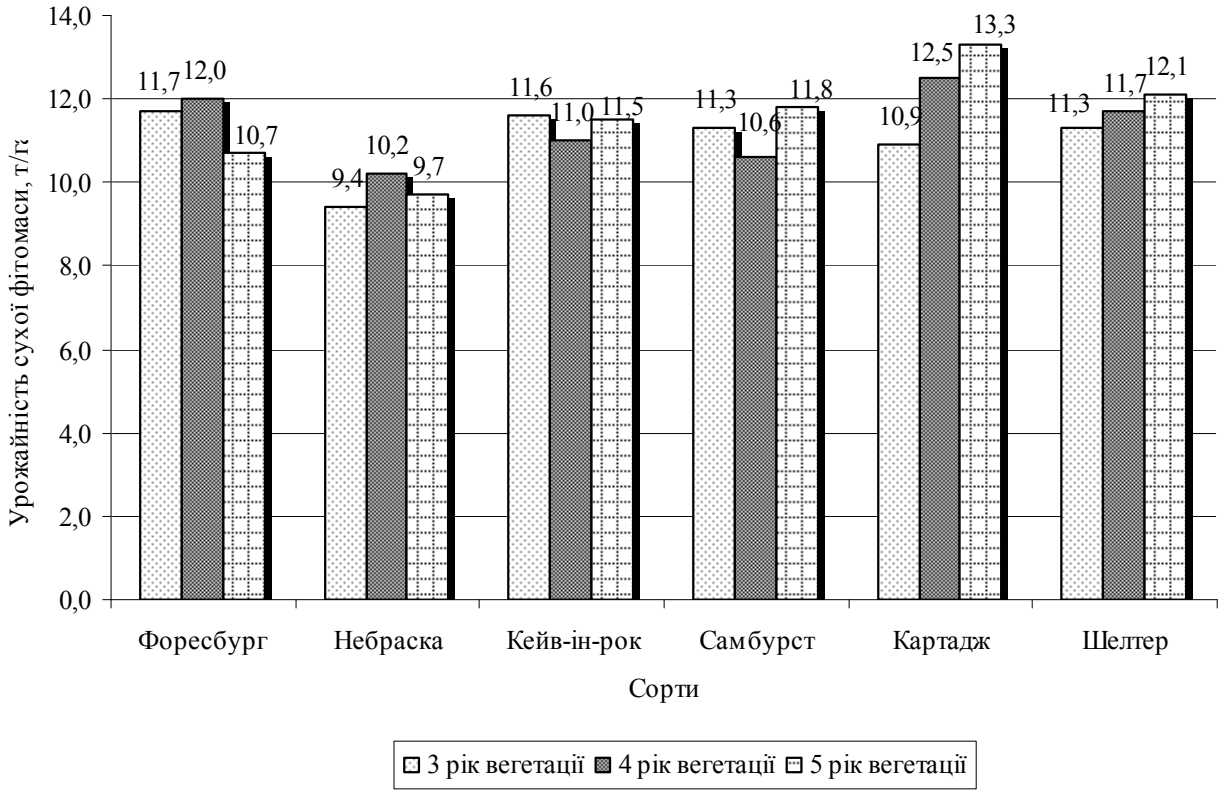
Сорт	Роки					Середнє за роки
	2011	2012	2013	2014	2015	
Форесбург	2,1	5,2	11,7	12,0	10,7	8,3
Небраска	1,9	4,2	9,4	10,2	9,7	7,1
Кейв-ін-рок	2,9	5,6	11,6	11,0	11,5	8,5
Самбурст	2,7	5,4	11,3	10,6	11,8	8,4
Картадж	2,3	6,2	10,9	12,5	13,3	9,0
Шелтер	3,3	5,8	11,3	11,7	12,1	8,8
Середнє значення	2,5	5,4	11,0	11,3	11,5	8,4
НІР $_{05}$	1,07	0,52	0,44	1,25	1,47	0,41

За роки дослідження урожайність сухої фітомаси сортів світчграсу змінювалася у межах від 1,9 до 13,3 т/га. Найбільшу урожайність отримали на четвертий і п'ятий рік веґетації культури.

В середньому, за роки дослідження, високу врожайність фітомаси забезпечували наступні сорти світчграсу: пізньостиглі – Картадж (9,0 т/га) і Шелтер (8,8 т/га), середнє значення за даним показником мали сорти Кейв-ін-рок (8,5 т/га), Самбурст (8,4 т/га) та Форесбург (8,3 т/га), найменшу – ранньостиглий сорт Небраска (7,1 т/га).

У промислових масштабах урожайність світчграсу розпочинають збирати з третього року веґетації, тому, наводимо детальний аналіз результатів досліджень продуктивності рослин від третього до п'ятого року використання.

Динаміку збільшення урожайності фітомаси зафіксовано з третього по п'ятий рік веґетації у пізньостиглих сортів світчграсу Картадж і Шелтер. Залежно від погодних умов на третій веґетаційний рік (в умовах 2013 року) на високому рівні була врожайність надземної веґетативної маси у сортів Форесбург (11,7 т/га), Кейв-ін-рок (11,6 т/га), середня – у сортів Самбурст і Шелтер (по 11,3 т/га), суттєво меншою – у Картадж і Небраска, відповідно за сортами 10,9 і 9,4 т/га (рис. 1).



НІР $_{05}$ 0,41

Рис. 1. Урожайність фітомаси сортів світчграсу третього–п'ятого років веґетації, 2013-2015 рр.

Сорти четвертого року веґетації не завжди формували істотну вищу урожайність фітомаси порівняно із попереднім роком, так зменшення цього показника зафіксовано у сортів Кейв-ін-рок (–0,6 т/га), Самбурст (–0,9 т/га). В умовах 2014 року найбільшу продуктивність та прибавку врожаю забезпечували сорти Картадж – 12,5 т/га (+1,6 т/га до попереднього року), Форесбург – 12,0 т/га (+0,3 т/га до попереднього року) та Шелтер – 11,7 (+0,4 т/га до попереднього року). Суттєво

менш урожайними виявилися сорт Небраска, за урожайності 10,2 т/га відмічено зменшення цього показника на 0,8 т/га порівняно із попередні роком.

В умовах 2015 року (п'ятий веґетаційний рік) найбільшу урожайність формували сорти Картадж і Шелтер у них зафіксована істотна прибавка врожаю порівняно із четвертим роком веґетації (відповідно за сортами – 0,8; 0,4 т/га). Середній рівень урожайності мали сорти Кейв-ін-рок і Самбурст (збільшення врожаю порівняно до попереднього року становила від 0,5 до 1,0 т/га), та найменшу – сорти Форесбург (на рівні 10,7 т/га, що на 1,3 т/га менше попереднього року) і Небраска – 9,7 т/га (–0,5 т/га до попереднього року).

Результати обрахунку енергетичного потенціалу фітомаси досліджуваних сортів світчграсу свідчить, що їхня надземна веґетативна маса мала різну енерґоємність, що залежала від вмісту вологи в сировині на час збирання (табл. 2).

Таблиця 2

Енерґетичний потенціал фітомаси світчграсу, т ум. п./ га (2013–2015 рр.)

Сорт	Роки			Разом за три роки	Середнє за роки
	2013	2014	2015		
Форесбург	3,9	3,9	3,5	11,3	3,8
Небраска	3,1	3,4	3,2	9,6	3,2
Кейв-ін-рок	3,8	3,6	3,8	11,2	3,7
Самбурст	3,7	3,5	3,9	11,1	3,7
Картадж	3,6	4,1	4,4	12,1	4,0
Шелтер	3,7	3,9	4,0	11,6	3,9
Всього	21,8	22,4	22,7	69,9	–

Разом за три роки енерґетичний потенціал фітомаси світчграсу виявися найбільшим у сортів Картадж і Шелтер (відповідно 12,1 та 11,6 т ум. п./га), середнім – у сортів Форесбург, Кейв-ін-рок і Самбурст, найменшим – у сорту Небраска (9,6 т ум. п./га). У середньому за три роки найбільш високим енерґетичним потенціалом характеризувався сорт Картадж (4,0 т ум. п./га), найменшим – сорту Небраска (3,2 т ум. п./га), інші сорти світчграсу за даним показником мали проміжне значення.

Висновки та пропозиції. 1. В умовах Полтавської області найбільший потенціал фітомаси, як в динаміці по роках дослідження, так і в розрізі років формують сорти Картадж (від 2,3 до 13,3 т/га), Шелтер (від 3,3 до 12,1 т/га), середній рівень – Форесбург (від 2,1 до 10,7 т/га, із збільшенням цього показника у 2014 році до 12,0 т/га), Самбурст (від 2,7 до 11,8 т/га) та Кейв-ін-рок (від 2,9 до 11,5 т/га). Найменшу динаміку продуктивності і потенціал урожайності сухої надземної веґетативної маси мав сорт Небраска – від 1,9 до 9,7 т/га.

2. Загальний енерґетичний потенціал фітомаси сортів світчграсу на 1 га за 2013 рік становив 21,8 т ум. п., за 2014 рік – 22,4 т ум. п., за 2015 рік – 22,7 т ум. п., разом за три роки – 69,9 т ум. п.

Для отримання стабільної урожайності з високим енерґетичним потенціалом фітомаси, як сировини для виробництва біопалива, рекомендується до вирощування на малопродуктивних ґрунтах сорти проса прутоподібного Картадж і Шелтер.

Список використаної літератури:

1. Блюм Я. Б. Біологічні ресурси і технології для виробництва різних видів біопалив / [Я. Б. Блюм, О. М. Левчук, Д. Б. Рахметов та ін.] // Вісн. НАН України, 2014. – № 11. – С. 64.

2. Гументик М. Я. Агротехнічні прийоми вирощування проса прутоподібного «Panicum virgatum L» / М. Я. Гументик // Біоенергетика. – №1. – 2014. – С. 29–32.

3. Гументик М. Я. Перспективи вирощування багаторічних злакових культур для виробництва біопалива / М. Я. Гументик // Цукрові буряки. – 2010. – №4. – С. 21–22.

4. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М. : Колос, 1985. – 336 с.

5. Дубініна М. В. Інституційні особливості розвитку біоенергетики / М. В. Дубініна // Зб. наук. праць Вінницького НАУ. – Вінниця, 2012. – Т. 1. Вип. 2(64). – С. 31–36.

6. Думич В. В. Динаміка росту світчграсу в грунтово-кліматичних умовах Полісся України / В. В. Думич, Г. І. Журба, В. Л. Курило // Наукові праці інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. – Випуск 19, 2013. – С. 43–45.

7. Железная Т. А. Энергетические культуры как эффективный источник возобновляемой энергии / Т. А. Железная, А. В. Морозова // Пром. теплотехніка. – 2008. – Т. 30, № 3. – С. 60–76.

8. Кулик М. І. Вплив ширини міжряддя на формування врожайності сортів проса прутоподібного / М. І. Кулик // Вісник Полтавської державної аграрної академії, 2015. – Вип. 3(78). – С. 62–65.

9. Методичні рекомендації з проведення основного та передпосівного обробітку ґрунту і сівби проса лозовидного / [Курило В. Л., Гументик М. Я., Гончарук Г. С. та ін.]. – К. : Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, 2012. – 26 с.

10. Методичні рекомендації по технології вирощування енерґетичних культур (світчграсу) в умовах України / [Писаренко П. В., Кулик М. І., Elbersen W. H. та ін.]. – Полтава : Полтавська ДАА,

2011. – 40 с.
11. Морозов Р. В. Оцінка біоенергетичного потенціалу рослинних відходів та енергетичних культур у сільському господарстві / Р. В. Морозов, Є. М. Федорчук // Науковий вісник Херсонського державного університету, 2015. – Випуск 10. – Частина 3. – С. 111–117.
12. Петриченко С. М. Перспективи вирощування світчграсу як альтернативного джерела енергії в Україні / [С. М. Петриченко, О. В. Герасименко, Г. С. Гончарук та ін.] // Цукрові буряки, 2011. – №4. – С. 13–14.
13. Рахметов Д. Б. Panicum virgatum L. – перспективний інтродуцент у Національному ботанічному саду ім. М. М. Гришка НААН України / Д. Б. Рахметов, О. М. Вергун, С. О. Рахметова // Інтродукція рослин. – Вип. 3(63), 2014. – С. 4–12.
14. Роїк М. В. Ефективність вирощування високопродуктивних енергетичних культур / [М. В. Роїк, В. Л. Курило, М. Я. Гументик та ін.] // Вісник Львівського національного аграрного університету. – 2011. – №15(2). – С.85–90.
15. Роїк М. В. Концепція виробництва і використання твердих видів палива в Україні / М. В. Роїк, О. М. Ганженко, В. Л. Тимощук // Біоенргетика. – Вип. №1, 2015. – С. 5–8.
16. Vogel K. P. Switchgrass. / K. P. Vogel // In: L.E. Moser et al., eds. Warm-season (C4) Grasses ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI. – 2004. – P. 561–588.
17. Кulyk M. Methods of calculation productivity phytomass of switchgrass in Ukraine / M. Кulyk, W. Elbersen. – Poltava, 2012. – 10 p.
18. Monti A. Switchgrass: A valuable biomass crops for energy / A. Monti. – Lodon: Springer–Verlag, 2012. – 290 p.

ДИНАМИКА УРОЖАЙНОСТИ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ФИТОМАССЫ ПРОСА ПРУТЬЕВИДНОГО ПРИ МНОГОЛЕТНЕМ ЦИКЛЕ ВЫРАЩИВАНИЯ

М. И .Кулик

В статье представлены результаты исследования шести сортов проса прутьевидного, а именно, изменения урожайности вегетативной надземной массы, динамику продуктивности фитомассы многолетнего посева. Установлено, что наибольший потенциал фитомассы формируют сорта Картадж (от 2,3 до 13,3 т/га), Шелтер (от 3,3 до 12,1 т/га), средний уровень – сорта Форесбург, Самбурст и Кейв-ин-рок. Наименьшую динамику производительности и потенциал урожайности сухой надземной вегетативной массы имел сорт Небраска – от 1,9 до 9,7 т/га. Также рассчитан энергетический потенциал фитомассы проса прутьевидного как сырья для производства твердого биотоплива.

Ключевые слова: урожайность, фитомасса, просо прутьевидное, (свитчграсс), вегетационный год, эффективность.

DYNAMICS OF PRODUCTIVITY AND PHYTOMASS ENERGY POTENTIAL IN SWITCHGRASS PERENNIAL GROWING CYCLE

M. Kulyk

Results of research of six switchgrass varieties, changes in yield aboveground vegetative mass at the dynamics of long-term productivity of growing on marginal soils ar presentd in this article. It was established that varieties Carthage (from 2.3 to 13.3 t/ha) and Shelter (from 3.3 to 12.1 t/ha) formed the highest phytomass potential, varieties Foresburg, Sunburst and Cave-in-Rock form the average level of phytomass potential. Variety Nebraska had the lowest dynamics of potential from 1.9 to 9.7 t/ha.

Energy potential of phytomass for biofuel production has been also calculated. Total energy potential of switchgrass varieties phytomass on 1 ha was 21.8 t eq. f., in 2013, in 2014 potential was 22.4 t eq. f., in 2015 it was 22.7 t eq. f., together for three years - 69.9 tons of equivalent fuel.

Keywords: productivity, phytomass, switchgrass, growing year, efficiency.

Надійшла до редакції: 02.03.2016.
Рецензент: Харченко О.В.