

УДК 636.085

О. Л. Рудік

к. с.-г. н.

І. М. Мринський

к. с.-г. н.

ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет»

### ЗАГАЛЬНА ТА БІОЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА ПОДВІЙНОГО ВИКОРИСТАННЯ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО

У зоні сухого Степу України проведена оцінка біологічному урожаю льону олійного. Встановлені, залежно від зрошення та технології вирошування, рівні насінневої продуктивності 1,06–2,16 т/га, та коливання вмісту лубу у соломі в межах від 11,1 до 22,9 %. З'ясовано, що стеблова маса льону олійного, вирошеного без зрошення, містить до 0,34 т/га, а при зрошенні – до 0,68 т/га лубу, придатного до використання за існуючими технологіями. Використання відповідної кількості відходів виробництва волокна для опалювання дозволяє отримати до 30–37,4 Гдж/га енергії.

**Ключові слова:** льон олійний, насіння, солома, переробка соломи, волокно, костріця, біоенергетика.

#### Постановка проблеми

Агропромисловий комплекс, виробляючи величезну кількість органічної маси у вигляді сільськогосподарських рослин, відчуває її дефіцит, при цьому нераціонально використовуючи значну її частину та оцінюючи її як відходи виробництва, витрачаючи ресурси для утилізації. Питання біологізації та гармонізації агропромислового комплексу із законами природи та біосфери є глобальним й потребує вирішення на сучасному науковому рівні. Поняття «побічна продукція» існує доки, поки не з'являється перспектива її споживання. Сучасні технології дозволяють успішно використовувати деякі види рослинної маси, що традиційно визнаються як побічний матеріал для отримання додатково корисного продукту.

#### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Продукти, які отримують із насіння льону, мають широке застосування у хімічній, харчовій, комбикормовій промисловостях, медицині, косметології. Вчені постійно розкривають нові сфери використання унікальному за хімічним та жирно олійним складом лляному насінню [1]. Враховуючи агротехнічні, економічні і екологічні переваги, які надає культура, можна очікувати подальше збільшення його посівних площ. При цьому, за останнє десятиліття відбулося різке зменшення площ посіву та обсягів виробництва льону-довгунцю, що має вагомий негативні наслідки.

У науковому колі добре відомо про достатньо високий вміст лубу у стеблах льону олійного, що робить їх потенційною сировиною для виробництва

короткого волокна, целюлози, вуглеводнів, композитних виробів, будівельних матеріалів, палива тощо. Такі виробництва існують у Канаді, США, Франції, Італії, Польщі [2]. Наукове обґрунтування, розробки подібних технологій та необхідного технологічного обладнання проводяться у Росії [3]. Серед вітчизняних установ відповідні напрацювання мають науковці Херсонського національного технічного університету, де досліджуються питання первинної переробки волокон льону олійного та проектується відповідне технологічне обладнання [4].

#### **Мета, завдання та методика досліджень**

Суттєвим недоліком таких робіт в Україні є нехтування впливом агротехнічних факторів вирощування культури та сортових особливостей на урожайність і технологічні властивості соломи. З позиції технології вирощування, солома льону як сировина залишається недостатньо вивченою, що зумовлює ряд науково-виробничих проблем. Вирішення даної проблеми було метою наших досліджень. Завдання полягали в оцінці якості, вивченні рівня продуктивності та можливостей комплексного використання льону олійного.

Дослідження проводилися на базі Асканійської ДСДС НААНУ протягом 2009–2013 років. Ґрунтовий покрив представлений типовими для зони сухого Степу темно-каштановими важкосуглинковими ґрунтами. Гумусовий горизонт потужністю 42–51 см, в орному шарі міститься у середньому 2,15 % гумусу, на 100 г ґрунту : 5,0 мг легкогідролізованого азоту, 2,4 мг рухомого фосфору та 40 мг обмінного калію. Метровий шар містить до 129 мм доступної вологи, при загальному запасі 320 мм. Зрошення здійснюється з мережі Каховської зрошувальної системи установкою фронтального типу Zematik. Поливами підтримували вологість 0,7 м шару ґрунту на рівні 65–70% НВ. Основний обробіток передбачав оранку на 20–22 см, під яку, відповідно до схеми дослідів, вносили мінеральні. Через відсутність відповідних стандартів оцінки соломи виконувалися відповідно до «ГОСТу 28285-89. Солома льняная. Требования при заготовках».

Погодні умови періоду досліджень характеризувалися істотними перевищеннями температурного режиму і значними відхиленнями у надходженні опадів від середніх багаторічних значень. За рахунок запасів ґрунтової вологи і опадів першої половини вегетації культури найбільш сприятливими були 2009 та 2011 роки, а найменш відповідними – 2013 та 2014 роки, що позначилося на стані рослин навіть в умовах зрошення.

#### **Результати досліджень**

Коливання урожайності насіння льону олійного, під впливом досліджуваних агротехнічних заходів та технологічних рівнів, досягало 237 %. У середньому в досліді, за рахунок покращення умов вологозабезпечення, урожайність підвищилася на 34,9 % та склала без зрошення 1,3 т/га, а при зрошенні –

1,75 т/га. Залежно від фону мінерального живлення та способу посіву, зростання становило 31,9–38,9 %. Більш вагомими були переваги зрошення на фоні застосування добрив, підвищення норми внесення, а також, у більшості випадків, на посівах із міжряддям 15 см. Максимальні прибавки від зрошення були отримані на фоні внесення  $N_{90}P_{60}K_{60}$ , вони коливалися в межах 0,45–0,58 т/га.

Застосування мінеральних добрив  $N_{45}P_{30}K_{30}$  та збільшення норми до  $N_{90}P_{60}K_{60}$ , незалежно від інших факторів, супроводжується достовірним підвищенням урожайності культури в 1,41–1,43 раза до найвищого у досліді рівня. Найбільш вагомим було зростання урожайності на фоні застосування першої норми  $N_{45}P_{30}K_{30}$ , яке залежно від інших факторів складало 0,25–0,39 т/га. Подальше підвищення фону живлення супроводжувалося зменшенням прибавок від їх застосування, проте різниця між такими варіантами була математично достовірною.

Збільшення ширини міжряддя із 15 до 45 см, в усіх поєднаннях факторів та їх градацій, спричиняло зменшення урожайності у середньому на 14,7% без зрошення та на 12,4% – у випадку зрошення. Незалежно від умов зволоження підвищення норми висіву спричиняло більшу відмінність між такими варіантами.

Таблиця 1. Урожайність льону олійного залежно від технології вирощування, т/га

Фон живлення (В)	Ширина міжряддя (С) та норма висіву (Д), млн. шт./га.				
	15 см.			45 см.	
	5	6	7	5	6
	Урожайність насіння без зрошення (А)				
Без добрив	1,06	1,15	1,1	0,97	0,95
$N_{45}P_{30}K_{30}$	1,35	1,45	1,39	1,23	1,2
$N_{60}P_{45}K_{45}$	1,45	1,57	1,5	1,32	1,3
$N_{90}P_{60}K_{60}$	1,54	1,65	1,58	1,38	1,34
	Урожайність насіння при зрошенні				
Без добрив	1,44	1,51	1,53	1,34	1,3
$N_{45}P_{30}K_{30}$	1,79	1,88	1,92	1,65	1,62
$N_{60}P_{45}K_{45}$	1,93	2,02	2,07	1,78	1,74
$N_{90}P_{60}K_{60}$	2,03	2,1	2,16	1,89	1,84
Коливання НІР <sub>05</sub>	А, С – від 0,019 до 0,031; В – від 0,028 до 0,044; Д – від 0,024 до 0,038; АВСД – від 0,095 до 0,108				
	Урожайність соломи без зрошення				
Без добрив	1,68	1,74	1,70	1,26	1,22
$N_{45}P_{30}K_{30}$	2,00	2,11	2,09	1,53	1,49
$N_{60}P_{45}K_{45}$	2,13	2,27	2,22	1,63	1,60
$N_{90}P_{60}K_{60}$	2,30	2,36	2,31	1,76	1,73
	Урожайність соломи при зрошенні				
Без добрив	2,27	2,35	2,36	1,75	1,70
$N_{45}P_{30}K_{30}$	2,68	2,78	2,83	2,07	2,01
$N_{60}P_{45}K_{45}$	2,85	2,95	2,98	2,22	2,12
$N_{90}P_{60}K_{60}$	3,05	3,10	3,19	2,34	2,23
Коливання НІР <sub>05</sub>	А, С – від 0,022 до 0,037; В – від 0,0318 до 0,052; Д – від 0,027 до 0,045; АВСД – від 0,108 до 0,123				

Без зрошення при посіві із міжряддям 15 см підвищення урожайності культури досягали встановленням норми висіву із розрахунку 6 млн шт./га тоді як на фоні зрошення такою нормою є 7 млн шт./га. При посіві із міжряддям 45 см, незалежно від умов вологозабезпечення, збільшення норми висіву із 5 до 6 та 7 млн шт./га достовірно й стабільно зменшувало урожай насіння. Переваги тієї чи іншої норми висіву не залежали від фону мінерального живлення.

За природного зволоження найвищої урожайності – 1,65 т/га – було досягнуто на фоні внесення мінеральних добрив  $N_{90}P_{60}K_{60}$  при посіві з міжряддям 15 см нормою висіву 6 млн шт./га. Відповідно, при зрошенні максимального рівня 2,16 т/га було досягнуто на фоні внесення  $N_{90}P_{60}K_{60}$ , за посіву з міжряддям 15 см нормою 7 млн шт./га.

Доцільність вирощування льону олійного із міжряддям 45 см полягає лише у можливості отримання насіння харчового й медичного призначення, за рахунок проведення міжрядних культиваций та відмови від застосування гербіцидів.

Вагомий вплив на урожайність соломи мало вологозабезпечення культури, за рахунок якого збільшення відбулося у середньому на 34,4 %. За рахунок внесення одинарної норми добрив  $N_{45}P_{30}K_{30}$  маса соломи на суходолі зросла на 3,2 та 3,7 т/га відповідно до умов зволоження. Підвищення фону живлення до  $N_{90}P_{60}K_{60}$  зумовлювало подальше, хоча і менш суттєве, зростання маси соломи, яка у середньому за іншими факторами досягала рівня 2,02 та 2,68 т/га, а прибавки відносно контролю складала 0,56 та 0,67 т/га.

Збільшення ширини міжряддя із 15 до 45 см негативно вплинуло на масу соломи, урожайність зменшилася на 27,4 % із 24,3 т/га до 1,76 т/га. Такі зміни зумовлені посиленням внутрішньовидової конкуренції, оскільки більш вагоме зменшення урожайності соломи відбулося на фоні зрошення, 0,78 т/га, ніж без зрошення 0,58 т/га.

На відміну від інших факторів, різниця між варіантами різного рівня загущення рослин протягом років спостережень в окремих випадках була недостовірною. Динаміка значень урожайності соломи від зміни норми висіву була пов'язана із впливом інших факторів. При посіві із міжряддям 15 см без поливів спостерігалось певне зростання абсолютних значень при встановленні норми 6 млн шт./га, тоді як на фоні зрошення 7 млн шт./га. За широкорядного посіву урожайність соломи, незалежно від умов вологозабезпечення, була вищою за норми висіву – 5 млн шт./га.

Унаслідок зазначених трансформацій найвищий урожай соломи 3,19 т/га, посіви льону олійного формували при зрошенні, внесенні мінеральних добрив  $N_{90}P_{60}K_{60}$ , посіви із міжряддям 15 см нормою висіву 7 млн шт./га. За умов природного зволоження на фоні  $N_{90}P_{60}K_{60}$  та посіви при міжрядді 15 см нормою висіву 6 млн шт./га, урожайність соломи досягала 2,36 т/га.

У середньому, за рахунок зрошення, вміст лубу в соломці зріс на 6,95 пункти. За умов природного зволоження внесення  $N_{45}P_{30}K_{30}$  зумовлювало

підвищення вмісту лубу у середньому із 12,4 до 14,0 %, однак подальше підвищення фону живлення спричиняло зменшення вмісту на 0,25 та 0,75 %, відповідно. На фоні зрошення найвищим був вміст лубу при застосуванні добрив нормою N<sub>60</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub>, де зростання складало 2,2 %, після чого за максимальної норми живлення відбулося зменшення вмісту волокна на 1,3 %.

Негативно вплинуло на вміст лубу збільшення ширини міжряддя, де зменшення відбулося у середньому із 17,8 до 15,8 %.

На посівах із міжряддям 15 см вміст лубу, незалежно від рівня вологозабезпечення, зростав при встановленні норми висіву 7 млн шт./га, а на широкорядних посівах – 5 млн шт./га. Відхилення норми в ту чи іншу сторону спричиняло зменшення вмісту лубу в межах від 0,2 до 0,9 %. Найбільш різке зменшення вмісту лубу спостерігалось на широкорядних посівах без зрошення.

За результатами обліку урожайності соломи та визначення вмісту лубу було розраховано його умовний вихід (табл. 2).

Таблиця 2. Потенційна оцінка соломи льону олійного

Фон живлення (В)	Ширина міжряддя (С) та норма висіву (Д), млн шт./га.					
	15 см			45 см		
	5	6	7	5	6	7
	Умовний вихід лубу без зрошення, т/га					
Без добрив	0,22	0,23	0,23	0,15	0,14	0,13
N <sub>45</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	0,30	0,32	0,32	0,20	0,19	0,18
N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	0,31	0,34	0,33	0,21	0,20	0,19
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0,32	0,34	0,33	0,22	0,21	0,20
	Умовний вихід лубу при зрошенні, т/га					
Без добрив	0,44	0,47	0,47	0,32	0,31	0,30
N <sub>45</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	0,57	0,61	0,62	0,42	0,40	0,39
N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	0,63	0,67	0,68	0,45	0,42	0,41
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0,63	0,65	0,68	0,44	0,42	0,41
	Енергетична цінність костриці без зрошення, Гдж/га					
Без добрив	21,6	22,4	21,8	16,5	16,0	15,3
N <sub>45</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	25,3	26,6	26,3	19,7	19,2	18,5
N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	27,1	28,7	28,1	21,0	20,7	20,1
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	29,3	30,0	29,3	22,9	22,5	21,6
	Енергетична цінність костриці при зрошенні, Гдж/га					
Без добрив	27,2	28,0	28,1	21,3	20,7	20,3
N <sub>45</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	31,5	32,5	33,0	24,6	24,0	23,4
N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	33,1	34,1	34,4	26,4	25,3	24,6
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	36,1	36,5	37,4	28,3	27,0	26,4

За рахунок зрошення вихід лубу у середньому за дослідом зріс більш ніж у 2 рази. Позитивний вплив мало і застосування мінеральних добрив. На природному фоні вологозабезпечення вихід лубу при підвищенні рівня живлення зріс на 0,07–0,09 т/га, а при зрошенні – на 0,12–0,16 т/га. Вищі значення, переважно, відповідають більшій градації фактора. У той же час, при розширенні

міжряддя умовний вихід лубу зменшувався на 38,2 % без поливів та на 34,1 % – при зрошенні. Загущення посівів проявляло неоднозначний вплив. На суходолі при посіві із міжряддям 15 см найвищий вихід лубу забезпечувала норма висіву 6 млн шт./га, тоді як при зрошенні – 7 млн шт./га. При посіві із міжряддям 45 см, незалежно від режиму зволоження, вищим був умовний вихід лубу при встановленні норми висіву 5 млн шт./га.

Таким чином, на суходолі найвищий вихід лубу – 0,34 т/га – був отриманий при внесенні мінеральних добрив  $N_{90}P_{60}K_{60}$ , та посіві із міжряддям 15 см нормою висіву 6 млн шт./га. За умов зрошення найвищої продуктивності за даним показником, 0,68 т/га, було досягнуто на фоні внесення  $N_{90}P_{60}K_{60}$  при посіві із міжряддям 15 см нормою висіву 7 млн шт./га.

Хоча анатомічні показники стебла, технологічні властивості соломи, а також процес збирання льону-довгунцю та олійного різняться, із стебел льону-межуемку може бути вилучене волокно при застосуванні серійних ліній механічної обробки некондиційної низькосортної трести. Такі лінії розроблені та удосконалені вченими ХНТУ і демонструють можливість організації такої переробки [4].

У процесі переробки соломи льону відходами виробництва є костриця, яка може бути застосована для виготовлення плит, утеплювачів, будівельних матеріалів, або використана після гранулювання як відновлювальне джерело палива.

Враховуючи кількість костриці, відходів тіпання та їх енергоємність, за класичного способу посіву спалювання забезпечує надходження енергії 21,6–29,3 Гдж/га. При вирощуванні культури на зрошенні може бути отримано 27,2–37,4 Гдж/га придатної для використання енергії. Така кількість еквівалентна теплотворній здатності двох-трьох тонн дров, що є надзвичайно важливим для зони вирощування культури, де відсутні ліси.

### **Висновки та перспективи подальших досліджень**

Льон олійний є джерелом насіння та сировини для виробництва волокнистих матеріалів і палива, що досягається впровадженням технологій вирощування та подвійного використання культури. В умовах суходолу внесення мінеральних добрив  $N_{90}P_{60} K_{60}$  посів нормою висіву 6 млн шт./га при міжрядді 15 см забезпечує отримання 1,65 т/га насіння та 2,36 т/га соломи, в якій міститься 0,34 т/га лубу. При зрошенні застосування мінеральних добрив  $N_{90}P_{60} K_{60}$ , посів нормою висіву 7 млн шт./га із міжряддям 15 см дозволяє отримати 2,16 т/га насіння та 3,19 т/га соломи, у якій зосереджено 0,68 т лубу. Використання відходів виробництва дозволяє отримати до 30 та 37,4 Гдж/га енергії, відповідно, при вирощуванні культури без зрошення та при зрошенні.

Технологія подвійного використання льону олійного потребує удосконалення в напрямку розробки схем отримання трести та вилучення

волокна. Селекція льону олійного призначення повинна враховувати ознаки стеблової маси, що мають технологічне значення.

#### Література

---

---

1. Живетин В. В. Масличный лен и его комплексное использование / В. В. Живетин, Л. Н. Гинзбург. – М. : ЦНИИКАЛП, 2000. – 96 с.
  2. Fiber valorization of oilseed flax /A. Assirelli, M. Bentini, P. L. Cappelleto, P. Pasini // Flax and other Bast Plants Symposium. – Poznan : Institute of Natural Fibres, 1977. – С. 150–151.
  3. Пашин Е. Л. Технологическое качество и переработка льна-межеумка : монография / Е. Л. Пашин, Н. М. Федосова. – Кострома : ВНИИЛК, 2003. – 85 с.
  4. Чурсіна Л. А. Перспективи комплексного використання льону олійного / Л. А. Чурсіна, Г. А. Тіхосова, О. О. Горач // Пр. Таврійського держ. агротехнол. ун-ту. – Мелітополь, 2010. – Вип. 10, т. 1. – С. 30–39.
- 
-