

УДК 633.521:633.854.54:677.116:631.572
DOI: <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2019.71.25>

МОДЕЛЮВАННЯ РІВНІВ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО В УМОВАХ ПІВДНЯ УКРАЇНИ

РУДІК О. Л. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент
<https://orcid.org/0000-0003-1384-5523>

ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет»

ГАЛЬЧЕНКО Н. М. – кандидат сільськогосподарських наук
<https://orcid.org/0000-0002-1717-5101>

КОНОВАЛОВА В. М. – аспірант
<https://orcid.org/0000-0002-0655-9214>

ДС ДС Асканійська, Інститут зрошувального землеробства НААН

Постановка проблеми. Значні коливання вартості енергетичних та матеріальних ресурсів, технічних засобів, послуг, загальна тенденція до зниження вартості продукції рослинництва, зумовлюють необхідність застосовувати більш об'єктивних та універсальних моделей управління технологією вирощування сільськогосподарських культур та запровадження універсальної системи оцінки технології, як наприклад біоенергетична – у вигляді співставлення обсягу отриманої енергії й енергії, витраченої на вирощування та первинну переробку культури [1]. За вирощування в умовах півдня України недостатньо дослідженим є узгодження рівнів найбільш впливових та витратних елементів технології вирощування льону олійного на неполивних і зрошуваних землях, особливо з точки зору аналізу енергетичних показників при різних схемах використання одержаної продукції [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасним напрямком підвищення урожайності та покращення якості продукції рослинництва є активне впровадження в сільськогосподарське виробництво інноваційних енергоощадних технологій з науково обґрунтованим застосуванням окремих технологічних операцій, особливо зрошення, добрив, пестицидів тощо [3]. Основу вирощування сільськогосподарських культур становлять агроекологічні умови. Природні екосистеми використовують енергію сонця, опади та інші агрокліматичні ресурси, за яких рослини забезпечують певну продуктивність [4]. Агроекологічні системи піддаються впливу як природного середовища, так і оточення штучно створеного технологією. Тому, людина має прагнути сформувати такі умови для рослин, щоб останні змогли реалізувати свій генетичний потенціал, реалізувати максимально можливо продуктивність та накопичити енергію в рослинницькій продукції [5].

Будучи однорічною рослиною раннього ярого типу розвитку льон олійний не потребує специфічного розташування та є, залежно від зони вирощування, оцінюється як «хороший» або «допустимий» попередник для озимих зернових культур. Сприяють поширенню культури та високій окупності ресурсів його біологічні властивості - висока пластичність та посухостійкість, а також низький рівень енергетичних витрат технологій його вирощування [6].

Мета статті – визначити ефективність технологій вирощування льону олійного на неполивних і зрошуваних землях півдня України за рівнем використання ґрунтово-кліматичних та агротехнічних ресурсів із застосуванням сучасних інформаційних технологій.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження проводили впродовж 2009–2013 рр. у польовій та зрошуваній сівозмінах Асканійської ДСДС Інституту зрошувального землеробства НААН, яка розташована в Каховському районі Херсонської області. Закладання дослідів, проведення спостережень та енергетичний аналіз здійснювали відповідно до класичних та спеціальних методик досліджень [7-9]. Досліджували енергетичну ефективність вирощування сорту льону олійного Південна Ніч. Випробування проводилося на двох факторах вологозабезпечення (фактор А): без зрошення; при зрошенні. Також досліджували варіанти рівнів мінерального живлення (фактор В): без добрив; $N_{45}P_{30}K_{30}$; $N_{60}P_{45}K_{45}$; $N_{90}P_{60}K_{60}$; ширину міжряддя (фактор С): 15 см та 45 см; норми висіву (фактор D, млн шт./га): 5; 6; 7.

Результати досліджень. Встановлено, що льон олійний суттєво відкликається на зміну умов росту та розвитку величиною сформованого врожаю. Так у середньому за роки досліджень під впливом досліджуваних агротехнічних заходів та технологічних параметрів урожайність насіння змінювалася у межах від 0,91 до 2,16 т/га. При цьому проявлявся неоднозначний вплив як окремих факторів, що підлягали вивченню, так і їх прояв відповідно погодних умов, що склалися у окремі роки досліджень. Результати дисперсійного аналізу свідчать, що найбільший вплив на урожайність насіння льону олійного мало зрошення, частка впливу якого коливалася в межах від 34,8 до 57,2%. Наступним за значенням є фон мінерального живлення, який на 23,7 – 39,3% визначав рівень урожайності культури. Вплив ширини міжряддя суттєво визначався погодними умовами року досліджень. Вплив цього фактору коливався в межах від 1,2 до 24,8%. Найменш суттєво на величину врожаю насіння впливала норма висіву насіння, величина впливу якого коливалася в межах від 0,2 до 5,3%. Такий прояв зумовлений біологією культури, оскільки льон олійний здатний компенсувати відхилення щільності посіву в ту чи іншу сторону інтенсивністю галушення.

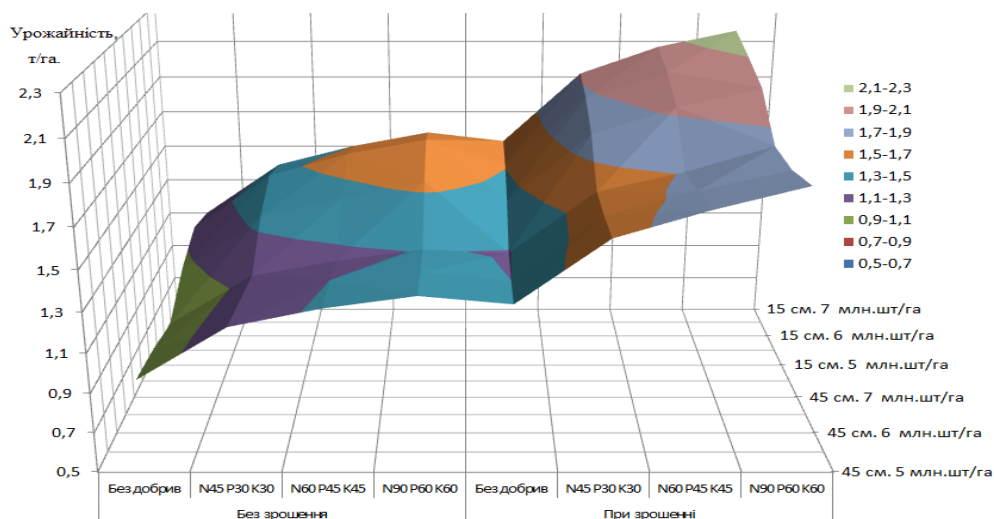


Рис. 1. Урожайність насіння льону олійного, залежно від елементів технології його вирощування, т/га (середнє за 2009-2013 рр.)

Без зрошення, в середньому, урожайність насіння складала 1,3 т/га, а за рахунок покращення умов вологозабезпечення підвищилася на 1,35 рази досягнувши рівня 1,75 т/га. Важливо, що ефективність зрошення залежала від поєднання інших факторів, у першу чергу від рівня фону мінерального живлення. Більшими були переваги зрошення на фоні застосування добрив, підвищення норми внесення, а також, переважно, на посівах із міжряддям 15 см.

Внесення мінеральних добрив у дозі $N_{45}P_{30}K_{30}$ та збільшення норми до $N_{90}P_{60}K_{60}$, незалежно від інших факторів, супроводжується достовірним підвищенням урожайності культури в 1,41-1,43 рази до найвищого у досліді рівня. Максимальні прибавки від зрошення, 0,45-0,58 т/га, отримані на фоні внесення $N_{90}P_{60}K_{60}$. 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% в умовах природного забезпечення вологою та на 12,4% у випадку зрошення. Незалежно від умов зволоження підвищення норми висіву збільшувало різницю між такими варіантами.

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 та стабільно зменшувало урожай насіння. Переваги тієї чи іншої норми висіву не залежали від фону мінерального живлення.

Інтенсивність технології вирощування льону олійного впливає значний вплив на ефективність використання ресурсів, що як наслідок, відображається на економічній результативності виробницт-

ва. Підвищення фону мінерального живлення зменшує окупність добрив, тоді як зрошення – підвищує цей показник. Тому на фоні природного зволоження застосування добрив забезпечує отримання 2,29-2,86 кг/кг д.р. насіння, тоді як при зрошенні окупність добрив була вищою в середньому на 26%, та на фоні внесення $N_{45}P_{30}K_{30}$ досягала 3,71 кг/кг д.р.

За умов природного зволоження коефіцієнт водоспоживання льону олійного коливався в широких межах, від 938 до 1652 м³/т, що було зумовлено умовами років дослідження та впливом інших досліджуваних факторів. При зрошенні даний показник у середньому зріс на 24,9% та змінювався в межах 1211-1969 м³/т.

Внесення мінеральних добрив сприяло більш економічному використанню води. На фоні природного зволоження коефіцієнт водоспоживання зменшувався при застосуванні добрив та підвищенні норми їх внесення на 20,6-28%. При зрошенні відповідне зменшення складало 19-27,1%. Більш ефективно використовували вологу посіви культур при міжрядді 15 см та за оптимальної, для даного поєднання факторів, норми висіву. Аналіз структури водного балансу свідчить, що коефіцієнт ефективності зрошення є меншим ніж коефіцієнт водоспоживання за умов природного зволоження в 1,95 рази, що природно пов'язано із збільшенням непродуктивних втрат води на фоні штучного зволоження.

Після узагальнення експериментальних даних нами проведено моделювання за методом нейронних мереж. За результатами узагальнення багаторічних експериментальних даних з льоном олійним сформовано нейронну мережу, яка відображає вплив розроблених складових елементів технології вирощування на формування умовного чистого прибутку залежно від рівнів урожайності льону олійного, які в свою чергу визначаються комплексним впливом агротехнологічних (I) та економічних (II) факторів (рис. 2).

Архітектура побудованої нейронної мережі (МП 10:10-8-1:1; $N = 10$) заснована на десяти елементах (нейронах), які мають вплив на інтенсивність

ростових процесів. Усі вхідні нейрони поділяються на два блоки:

I. Технологічні чинники: 1. Добрива. 2. Зрошення. 3. Ширина міжряддя. 4. Норма висіву.

II. Господарсько-економічні чинники: 7. Вихід зернових одиниць з 1 га. 8. Вартість валової продукції, тис. грн. 9. Виробничі витрати на 1 га, тис. грн. 10. Собівартість 1 т насіння, грн.

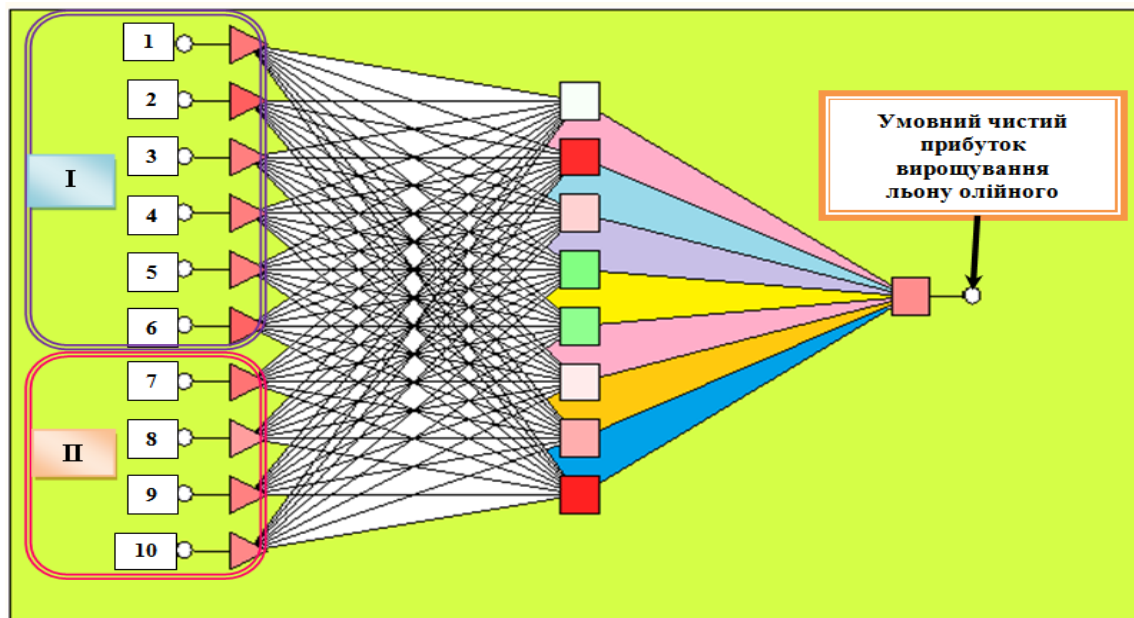


Рис. 2 Нейронна мережа формування продуктивності та господарсько-економічної ефективності технології вирощування льону олійного в умовах півдня України (пояснення в тексті), архітектура: МП 10:10-8-1:1, $N = 10$, продуктивність навчальна – 0,1059, продуктивність контрольна – 1,0247, продуктивність тестова – 0,1877

За результатами аналізу сформованої нейронної мережі можна зробити висновок, що максимальну пряму дію на величину умовного чистого прибутку мають мінеральні добрива, прямокутних у моделі якого має найінтенсивніше червоне забарвлення. За взаємодією вхідних чинників моделі проявилася взаємодія мінеральних добрив та зрошення, а також вартості валової продукції, виробничих витрат та, особливо, собівартості 1 т насіння досліджуваної культури.

Як підтверджують наші дослідження одним із важливих екологічно небезпечних та витратних факторів підвищення врожайності культур в умовах інтенсифікації виробництва є зрошення. Тому для раціонального використання водних ресурсів та досягнення вищих економічних результатів у виробництві необхідно використовувати обґрунтований режим зрошення з урахуванням ґрунтово-кліматичних показників та біологічних особливостей культури. Для вирішення такої проблеми в 2014-2018 рр. була впроваджена, розроблена Джоссом Свенненуісом для Відділу розвитку та управління водних ресурсів FAO, програма CROPWAT 8.0. Вона дозволяє прогнозувати умови вологозабезпечення та рівні продуктивності культури та використовується для складання прогностичного графіку поливу з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов та метеорологічних показників, що дозволяє підвищити ефективність вирощування сільськогосподарських культур, та ефективність використання водних ресурсів.

Розрахунок режиму зрошення проводиться на основі балансового методу за наслідками визначення евапотранспірації з урахуванням випаровування вологи через поверхню ґрунту та рослиною.

Для визначення випаровування атмосфери без урахування конкретного типу культур та способів їх вирощування було введено поняття еталонна евапотранспірація (ЕТо). Наступний рівень - евапотранспірація культур в стандартних умовах (ЕТс) характерна для оптимальних умов вирощування культури за рахунок доброго зволоження, можливе досягнення повної продуктивності за певних кліматичних умов. Для визначення фактичної евапотранспірації використовується поняття евапотранспірації у нестандартних умовах (ЕТс adj), яка розраховується з урахуванням стримуючих факторів, які впливають на продуктивність культури, коефіцієнту водного стресу, коефіцієнту культури.

Ґрунтуючись на фактичних даних були проведені розрахунки водоспоживання льону олійного та побудовані графіки поливу для культури із зазначенням загальної зрошуваної норми, фактичного використання води культурою, ефективністю опадів. Дослідженням водоспоживання посівів було встановлено, що змодельовані значення різняться від фактичних не більш ніж на 12,8%, що дає можливість зменшення споживання поливної води, негативного впливу на ґрунт та підвищення економічної та енергетичної ефективності вирощування культури за рахунок раціонального використання ресурсів.

Висновки. За результатами моделювання з використанням методу нейронних мереж доведено, що при вирощуванні льону олійного на півдні України максимальний вплив на урожайність та прибутковість мають мінеральні добрива у взаємодії зі зрошенням. Впровадження програми CROPWAT 8.0 у сільське господарство дозволяє, ґрунтуючись на точних даних, коригувати елементи технології та створювати оптимальні умови росту і розвитку культури із мінімальними витратами енергії та ресурсів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Гаврилюк М. М., Салатенко В. Н., Чехов А. В., Федорчук М. І. Олійні культури в Україні: навч. посіб. Київ: Основа, 2008. 347 с.
2. Мемішева Л. С., Уманець Н. Н. Возможности поживного сева льна масличного в предгорной зоне Крыма. *Наукові праці Південного філіалу Національного університету біоресурсів і природокористування України "Кримський агротехнологічний університет"*. 2013. Вип. 157: Серія: Сільськогосподарські науки. С. 27–32.
3. Рудік О. Л. Сировинний потенціал льону олійного та перспективи його використання в медицині. *Таврійський науковий вісник*. зб. наук. пр. Херсон, 2016. Вип. 96. С. 104–111.
4. Карпець І. П., Вареник С. О., Габенець В. В. Льонарство України та Франції. *Вісник аграрної науки*. 2004. № 3. С. 83–84.
5. Гордеева Е. А., Файружанова А. З. Агротехнические приемы возделывания и качество льна масличного в Северном Казахстане. *Збірник наук. праць Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. Київ, 2013. Вип. 17. Т.1. С.76–79.
6. Визначення оптимальних параметрів виробництва олійних культур: методич. реком. / В. В. Кириченко [та ін.]; наук. ред. В. В. Кириченко. Харків: «Магда LTD», 2012. С. 67–78.
7. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
8. Ушкаренко В. О., Нікіщенко В. Л., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Дисперсійний і кореляційний аналіз у землеробстві та рослинництві: навч. посіб. Херсон: Айлант, 2008. 272 с.
9. Коковіхін С. В. Прогнозування водопотреби сільськогосподарських культур та формування графіків поливів з використанням програми "CROPWAT". *Зрошуване землеробство*. 2011. Вип. 55. С. 298–303.

REFERENCES:

1. Gavrilyok, M.M., Salatenko, V.N., Chechov, A.V., & Fedorchuk M.I. (2008). *Olyini kulturu v Ukraine: navch. posib.* [Oil crops in Ukraine]. Kyiv: Osнова. [in Ukrainian].
2. Memisheva, L.S., & Umanets, N.N. (2013). *Vozmozhnomy pozhnivnogo poseva l'na maslichnogo v predgornoy zone Crima* [Possibilities of crop sowing of oil flax in the foothill zone of the Crimea]. *Naukovi prazzi Pivdenного filialu Nazzionalnogo universitetu bioresursov I prirodokoristuvanna Ukrainu "Krimsky agrotechnologichnyy universitet"*, 157, 27-32. [in Russian].
3. Rodik, O.L. (2016). *Sirovinniy potentsial Ionu oliynogo ta perspektivi yogo vikoristannya v meditsini* [The raw material potential of flaxseed oil and the prospects for its use in medicine]. *Tavrian Scientific Announcer*, 96, 104-111. [in Ukrainian].
4. Karpets, I.P., Varenik, S.O., & Gabenets, V.V. (2004). *Lonarstvo Ukrainu ta Frantsii* [Frosting of Ukraine and France]. *Announcer of Agrarian Science*, 3, 83-84. [in Ukrainian].
5. Gordeyev, E.A., & Fajruzhanova, A.Z. (2013). *Agrotechnicheskie priyomu vozdeluvania i cachestvo l'na maslichnogo v Severnom Kazakhstane* [Agrotechnical methods of cultivation and quality of oil flax in Northern Kazakhstan]. *Zbirnik naukovukh prazz Institutu bioenergetichnukh kultur i sukrovukh burakiv*, 17, T.1, 76-79. [in Russian].
6. Kirichenko, V.V. etc. (2012). *Viznachennya optimalnih parametriv virobnitstva oliynih kultur: metodich. recom.* [Determination of optimum parameters of oilseed crops production]. Kharkov: «Magda LTD». [in Ukrainian].
7. Dospekhov, B.A. (1985). *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezultatov issledovaniya)*. 5-ye izd., dop. i pererab. [Field experience]. Moscow: Agropromizdat. [in Russian].
8. Ushkarenko, V.O., Nicishenco, V.L., Goloborodko, S.P., & Kokovikhin, S.V. (2008). *Dispersiyniy i corelazziyniy analiz v zemlerobstvi ta roslbnnuzstvi: navch. posib.* [Dispersion and correlation analysis in agriculture and crop production]. Kherson: Aylant. [in Ukrainian].
9. Kokovikhin, S.V. (2011). *Prohnozuvannya vodopotreby sil's'kohospodars'kykh kul'tur ta formuvannya hrafikiv polyviv z vykorystanniam prohramy "CROPWAT"*. [Forecasting of water demand for agricultural crops and drawing of irrigation schedules using the CROPWAT program]. *Zroshuvane zemlerobstvo*. 55. 298–303. [in Ukrainian].