

ЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ БАВОВНИКУ В УМОВАХ ПЛІВКОВОГО ПОКРИТТЯ

БОРОВИК В.О. – доктор сільськогосподарських наук, с.н.с.

orcid.org/0000-0003-0705-2105

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України,

Одеська державна сільськогосподарська дослідна станція Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України

ОЛІЙНИК О.І. – кандидат сільськогосподарських наук

orcid.org/0009-0002-4638-2414

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Бавовник (*Gossypium hirsutum* L.) належить до стратегічно важливих теплолюбних технічних культур, що є джерелом високоякісного волокна та цінної олійної сировини [1]. Культура характеризується підвищеною солестійкістю та значним економічним потенціалом, що зумовлює її вагоме місце у світовому агропромисловому виробництві [2]. Водночас одним із ключових лімітуючих чинників її вирощування є вплив низьких температур, які виступають потужним абіотичним стресором. За умов холодового стресу відбувається дисбаланс активних форм кисню, порушується функціонування фотосинтетичного апарату, інгібуються фізіолого-біохімічні процеси, що призводить до уповільнення росту й розвитку рослин та, як наслідок, зниження врожайності й погіршення якості продукції [3].

Особливої актуальності зазначена проблема набуває в умовах Степу України, який розташований у зоні північної межі вирощування бавовнику. Тут температурний фактор, зокрема на початкових етапах органогенезу, суттєво обмежує реалізацію потенційної продуктивності культури, що обґрунтовує необхідність удосконалення елементів технології вирощування з метою мінімізації негативного впливу низьких температур.

Аналіз останніх досліджень і публікацій Впровадження технології мульчування, зокрема вирощування культур під полімерними плівковими укриттями, є ефективним агротехнічним заходом для нівелювання негативного впливу абіотичних стресових чинників. Застосування плівкових матеріалів забезпечує підвищення температурного режиму ґрунту, збереження вологи, оптимізацію водного балансу, сприяє прискоренню ростових процесів, формуванню більш раннього врожаю та підвищенню ефективності використання водних ресурсів [4, 5].

Мульчуючі плівки набули широкого поширення в сучасних агротехнологіях при вирощуванні як однорічних, так і багаторічних культур, зокрема бавовнику, кукурудзи, овочевих і плодових рослин [6]. Їх використання забезпечує комплексний вплив на агроценоз: регулює температурно-вологісний режим ґрунту, пригнічує розвиток

бур'янів, підвищує коефіцієнт використання елементів мінерального живлення, що в сукупності сприяє зростанню продуктивності та покращенню якості врожаю, підвищенню ресурсної ефективності й екологічної стабільності агросистем [7–9].

За даними Ma Z. та співавт., світовий ринок мульчуючих плівок демонструє стійку тенденцію до зростання: у 2021 році його обсяг оцінювався приблизно у 5 млрд дол. США, а до кінця 2026 року прогнозується збільшення до 6,7 млрд дол. США. На сьогодні в агропромисловому виробництві переважно використовуються поліетиленові мульчуючі плівки [10], що зумовлює подальшу актуальність досліджень, спрямованих на підвищення ефективності їх застосування та мінімізацію екологічних ризиків.

Технологія крапельного зрошення у поєднанні з мульчуванням є ефективним інструментом оптимізації водного режиму ґрунту, що дозволяє зменшити дефіцит вологи шляхом підвищення температури та стабілізації вологості кореневмісного шару. Водночас така система забезпечує підвищення ефективності використання води та мінеральних добрив, що сприяє зростанню врожайності та економічної віддачі агропромисловості. Завдяки доведеній ефективності, ця технологія набула широкого впровадження у Сінцзяні (Китай) [11, 12].

У результаті системного вдосконалення елементів технології вирощування бавовнику, зазначений регіон трансформувалася у провідний центр виробництва високоякісної бавовни в Китаї та водночас став найбільшим споживачем полімерних мульчуючих матеріалів [11, 13].

Застосування плівково-мульчованого крапельного зрошення забезпечує суттєве підвищення продуктивності агроценозів і рівня рентабельності виробництва, а також розглядається як важливий чинник забезпечення сталого розвитку сільського господарства [14–17]. Крім того, встановлено, що дана технологія сприяє економії водних ресурсів та активізації процесів десалінізації ґрунтів (вимивання солей) у посівах бавовнику, зокрема в умовах північно-західних регіонів Китаю [18–20].

Слід зазначити, що низькоякісні бавовняні волокна, які часто розглядаються як маловартісна сировина та



залишаються поза основними напрямками переробки, фактично формують маргіналізований потік відходів у бавовняній промисловості. Водночас вони мають значний потенціал для трансформації у високоцінні матеріали, зокрема мульчуючі гелеві плівки для сільськогосподарського використання в межах концепції замкнутого вуглецевого циклу. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває проблема переробки таких матеріалів у продукцію з доданою вартістю, що відповідає сучасним викликам сталого розвитку та ресурсоефективності [21, 22].

На сьогодні описано низку напрямів утилізації низькоякісних бавовняних волокон, зокрема їх використання як адсорбентів барвників [23, 24], сировини для виготовлення композитного паперу [25], компонентів енергетичних пристроїв [26] та антибактеріальних матеріалів [27]. Проте, незважаючи на наявні розробки, ці волокна й досі залишаються недостатньо залученими до промислового використання через обмежену економічну привабливість існуючих технологій.

Целюлоза – найпоширеніший біорозкладний природний полімер на планеті [28], розглядається як перспективна основа для створення екологічно безпечних мульчуючих плівок. Високий вміст целюлози в низькоякісних бавовняних волокнах (87,2–99,6 мас.%) [29] зумовлює значний потенціал їх використання для виробництва таких матеріалів. Згідно з попередніми дослідженнями, целюлозні плівки можуть бути отримані методами регенерації розчинника та гарячого пресування [30]. Водночас вони характеризуються високою швидкістю біодеградації в ґрунті [31]: період розкладання становить 31–61 день у тропічних та 81–495 днів у помірних лісових екосистемах [32], що сприяє формуванню замкнутого вуглецевого циклу.

Таким чином, розроблення целюлозних мульчуючих плівок на основі низькоякісних бавовняних волокон є науково обґрунтованим і перспективним напрямом [33].

З метою забезпечення високого рівня врожайності сільськогосподарських культур за умов обмежених водних ресурсів і без додаткового підвищення родючості ґрунту, в Узбекистан широко застосовується технологія вирощування бавовнику під плівковим укриттям. Результати досліджень щодо використання пластикового мульчування як водозберігаючого агротехнічного заходу свідчать, що мульчування ґрунту чорною поліетиленовою плівкою істотно змінює його водоутримувальні властивості порівняно з відкритим (немульчованим) ґрунтом.

Встановлено, що за умов мульчування споживання води зменшується майже вдвічі, що супроводжується формуванням вищої врожайності. Крім того, застосування плівкового покриття сприяє інтенсифікації ростових процесів, забезпечуючи більш швидкий ріст і розвиток рослин бавовнику. Показник продуктивності використання води при цьому також зростає приблизно вдвічі, порівняно з варіантами без мульчування.

Отримані результати підтверджують доцільність широкого впровадження технології плівкового мульчування в умовах водного дефіциту. У зв'язку з цим в Узбекистані даний агротехнічний прийом рекомендований для практичного застосування з метою підвищення врожайності бавовнику навіть за обмеженого водозабезпечення [34].

Китайські агровиробники також відзначають високу ефективність оптимізації водокористування за умов застосування плівково-мульчованого крапельного зрошення [35]. Плівкове мульчування, яке забезпечує позитивний вплив на підвищення врожайності та збереження ґрунтової вологи, набуло широкого поширення в Південній Сіньцзян та інших регіонах із подібними ґрунтово-кліматичними умовами. Встановлено, що цей агротехнічний прийом належить до найбільш ефективних заходів інтенсифікації виробництва сільськогосподарських культур [36].

Плівкове мульчування широко застосовується як водозберігаюча технологія та засіб прискорення досягання при вирощуванні кукурудзи, пшениці та бавовнику, особливо в умовах недостатнього природного зволоження [37]. Китай є світовим лідером за обсягами використання пластикових мульчуючих плівок, а їх широке впровадження у технології вирощування бавовнику сприяло суттєвому зростанню врожайності культури [37, 38]. Цей підхід розглядається як ефективний і практично доцільний, що зумовлює його значну популярність серед фермерів [39, 40].

Крім того, застосування плівкових матеріалів позитивно впливає на польову схожість насіння, інтенсивність росту рослин і формування врожаю. Це досягається, зокрема, за рахунок підвищення рівня зволоження ґрунту порівняно з альтернативними технологіями за однакових обсягів опадів і зрошення, зменшення засміченості посівів бур'янами та зниження непродуктивних втрат води з ґрунту [41].

Водночас, за даними Yang Z. та співавт. [42], вирощування бавовнику із застосуванням плівкового укриття може зумовлювати тенденцію до прискореного дозрівання рослин, що, своєю чергою, сприяє підвищенню частки доморозного врожаю та покращенню якості бавовни-сирцю.

У зв'язку з цим, актуальним є дослідження впливу плівкового мульчування на тривалість вегетаційного періоду, темпи досягання та рівень урожайності бавовнику з метою обґрунтування ефективного впровадження цієї технології у виробничу практику. Особливої ваги набуває адаптація отриманих результатів до ґрунтово-кліматичних умов Степу України, що потребує їх системного аналізу та узагальнення.

Результати польових експериментів, проведених в Гріффіт (Новий Південний Уельс, Австралія), які характеризуються відносно прохолоднішими кліматичними умовами, також підтверджують ефективність використання плівкового укриття при вирощуванні бавовнику. Встановлено, що застосування плівки сприяє підвищенню температури ґрунту на 2–4 °C та покращує збереження вологи в зоні насінневого ложа [43].

Це забезпечує істотне покращення польової схожості та виживання сходів (на 50–80%), підвищення температури ґрунту на глибині загортання насіння та збільшення вмісту доступної вологи, що, у свою чергу, сприяє формуванню більш ранніх і вирівняних сходів бавовнику порівняно з немудльчованими варіантами [44].

Зміни клімату, що проявляються у підвищенні середньорічних температур, зростанні концентрації CO₂

в атмосфері та нестабільності режиму опадів, є одним із ключових глобальних викликів для розвитку сільськогосподарства [45]. За оцінками дослідників, темпи зростання світового аграрного виробництва мають тенденцію до зниження: очікується їх скорочення до 1,5% на рік до 2030 року та до 0,9% – до 2050 року, порівняно з історичним рівнем 2,3% на рік у період з 1961 року [46].

На думку Anwa R. M. та співавт., основний вплив кліматичних змін на врожайність сільськогосподарських культур пов'язаний передусім із підвищенням температурного фону, що зумовлює необхідність поглиблення наукових досліджень щодо реакції агроecosистем на кліматичні чинники з метою удосконалення систем управління посівами та розроблення адаптаційних заходів [47].

Водночас результати досліджень Irmak S. та співавт. свідчать, що характер і ступінь впливу кліматичних змін на продуктивність сільськогосподарських культур є складними, багатофакторними та неоднозначними, оскільки можуть зумовлювати як позитивні, так і негативні наслідки залежно від конкретних ґрунтово-кліматичних умов і технологій вирощування [48, 49].

Вплив кліматичних факторів характеризується високою диференційованістю залежно від культури та конкретних агроecологічних умов її вирощування, тому його не можна екстраполювати на різні регіони чи агросистеми без урахування локальних особливостей. У зв'язку з цим виникає потреба у проведенні спеціалізованих оцінок кліматичного впливу для окремих культур із врахуванням ґрунтово-кліматичних характеристик конкретних територій [50].

Висновки. З урахуванням посилення дефіциту водних ресурсів та зростання невизначеності, зумовленої кліматичними змінами [51, 52], особливої актуальності набуває впровадження технології вирощування бавовнику з використанням плівкового мульчування у поєднанні з крапельним зрошенням в умовах Степу України – у зоні північної межі вирощування бавовнику. Застосування такого технологічного підходу спрямоване на прискорення досягання рослин, підвищення ефективності використання водних ресурсів та збільшення продуктивності культури.

З урахуванням наведених вище положень, актуальним є комплексне дослідження ефективності застосування плівкового мульчування та елементів крапельного зрошення у технології вирощування бавовнику в умовах змін клімату та обмежених водних ресурсів, зокрема в умовах Степу України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Li N.N., Li J.H., Shi X.J., et al. Increasing cotton lint yield and water use efficiency for subsurface drip irrigation without mulching. *Front Plant Sci.* 2024. 25;15:1433719. doi: 10.3389/fpls.2024.1433719.
- Li W., Wang Z., Zhang J., Zong R. Soil salinity variations and cotton growth under long-term mulched drip irrigation in saline-alkali land of arid oasis. *Irrig. Sci.* 2021. 40, 103–113. DOI:10.1007/s00271-021-00749-9.
- Wu Y., Zhao W., Meng Y., et al. Relationships between temperature-light meteorological factors and seedcotton biomass per boll at different boll positions. *J. Integr. Agric.* 2018. 17, 1315–1326. doi: 10.1016/S2095-3119(17)61820-3.
- Yang S., Chen X., Yan L., Jiang D. Performance of three different spades for residual plastic film recycling machine. *Appl. Eng. Agric.* 2020. 36, 187–195. doi: 10.13031/aea.13368.
- Can H., Wang X., Wang S., et al. Impact of agricultural residual plastic film on the growth and yield of drip-irrigated cotton in arid region of Xinjiang, China. *Int. J. Agr. Biol. Eng.* 2020. 13, 160–169. doi: 10.25165/ijabe.20201301.5084.
- Tan Q., Yang L., Wei F., Chen Y., Li J. Comparative life cycle assessment of polyethylene agricultural mulching film and alternative options including different end-of-life routes. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2023. 178:113239. doi: 10.1016/j.rser.2023.113239.
- Bandopadhyay S., Liquey y González J. E., Henderson K. B., et al. Soil microbial communities associated with biodegradable plastic mulch films. *Front. Microbiol.* 2020. 11:587074. doi: 10.3389/fmicb.2020.587074.
- Sintim H. Y., Flury M. Is biodegradable plastic mulch the solution to agriculture's plastic problem? *Environ. Sci. Technol.* 2017. 51:1068–1069. doi: 10.1021/acs.est.6b06042.
- Sintim H. Y., Bary A. I., Hayes D. G., et al. In situ degradation of biodegradable plastic mulch films in compost and agricultural soils. *Sci. Total Environ.* 2020. 727:138668. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.138668.
- Kim S. J., Shim J.-Y., Park K. M., et al. Comparison of decomposition of biodegradable mulching films under variable soil microbial conditions. *Front. Microbiol.* 2025. 16:1674576. doi: 10.3389/fmicb.2025.1674576
- Ma Z., Liu J., Wen Y., et al. Effects of Different Film Types on Cotton Growth and Yield under Drip Irrigation. *Sustainability.* 2024. 16(10):4173. <https://doi.org/10.3390/su16104173>.
- Zong R., Wang Z., Zhang J., Li W. The response of photosynthetic capacity and yield of cotton to various mulching practices under drip irrigation in Northwest China. *Agric. Water Manag.* 2021. 249, 106814. DOI:10.1016/j.agwat.2021.106814.
- Chen W., Jin M., Ferre T.P.A., et al. Soil conditions affect cotton root distribution and cotton yield under mulched drip irrigation. *Field Crops Res.* 2020. 249, 107743. DOI:10.1016/j.fcr.2020.107743.
- Hu C., Wang X., Wang S., et al. Impact of agricultural residual plastic film on the growth and yield of drip-irrigated cotton in arid region of Xinjiang, China. *Int. J. Agric. Biol. Eng.* 2020. 13, 160–169. DOI:10.25165/ijabe.20201301.508.
- Li Y., Zhao C., Yan C., et al. Effects of agricultural plastic film residues on transportation and distribution of water and nitrate in soil. *Chemosphere.* 2020. 242, 125131. doi: 10.1016/j.chemosphere.2019.125131. Epub 2019.
- Wang X., Qiao D., Chen Y., et al. Effects of long-term film mulching on the characteristics of soil residual film in topsoil layer of maize planted in northern China. *Fresenius Environ. Bull.* 2022. 31, 2881–2888.
- Zhang Z., Zhang L., Tian H., et al. Photosynthetic characteristics of cotton are enhanced by altering the timing of mulch film removal. *J. Cotton Res.* 2021. 4, 17. <https://doi.org/10.1186/s42397-021-00091-7>.
- Jiang Z., Wang Q., Ning S., et al. Growth and Yield Response and Water Use Efficiency of Cotton under Film-Mulched Drip Irrigation to Magnetized Ionized

- Water and *Bacillus subtilis* in Saline Soil in Xinjiang. *Agronomy*. 2023. 13(6):1644. <https://doi.org/10.3390/agronomy13061644>.
19. Ning S., Chen C., Zhou B., Wang Q. Evaluation of normalized root length density distribution models. *Field Crops Res.* 2019. 242, 107604. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2019.107604>.
 20. Ning S., Zhou B., Shi J., Wang Q. Soil water/salt balance and water productivity of typical irrigation schedules for cotton under film mulched drip irrigation in northern Xinjiang. *Agric. Water Manag.* 2021. 245, 106651. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106651>.
 21. Zhang T., Zhai Y., Ma X., et al. Towards environmental sustainability: Life cycle assessment-based water footprint analysis on China's cotton production. *J. Clean. Prod.* 2021. 313:127925. doi: 10.1016/j.jclepro.2021.127925.
 22. Kamble Z., Behera B. K. Upcycling textile wastes: Challenges and innovations. *Text. Prog.* 2021. 53:65–122. doi: 10.1080/00405167.2021.1986965.
 23. Zhang Z., Rumi S. S., Lucia L. A., Abidi N. Waste treat waste: Alginate calcium versus alginate acid gels in upcycling waste cotton linter as composite biosorbent. *Ind. Crops Prod.* 2023. 205:117512. doi: 10.1016/j.indcrop.2023.117512.
 24. Zhang Z., Rumi S. S., Lucia L. A., Abidi N. Transforming low-quality cotton fibers into dye adsorbents. *Environ. Chem. Lett.* 2024:1–7. doi: 10.1007/s10311-023-01692-1.
 25. Wang C., Su J., Liu T. A sustainable strategy to transform cotton waste into renewable cellulose fiber self-reinforcing composite paper. *J. Clean. Prod.* 2023. 429:139567. doi: 10.1016/j.jclepro.2023.139567.
 26. Fan W., Wang Q., Rong K. et al. MXene enhanced 3D needled waste denim felt for high-performance flexible supercapacitors. *Nano-Micro Lett.* 2024. 16:36. doi: 10.1007/s40820-023-01226-y.
 27. Zhou C., Girouard F., O'Brien B., et al. Construction of chevaux-de-frise from cellulose nanocrystals to enable mechano-bactericidal activity on recycled waste cotton films. *Green Chem.* 2022. 24:1109–1113. doi: 10.1039/D2GC00073C.
 28. Gao W., Tu Q., Wang P., et al. Conductive Polymer/Nanocellulose Composites as a Functional Platform for Electronic Devices: A Mini-Review. *Polym. Rev.* 2023. 64:162–191. doi: 10.1080/15583724.2023.2220018.
 29. Demirci S., Sahiner M., Rumi S. S., et al. The Use of Low-Quality Cotton-Derived Cellulose Films as Templates for In Situ Conductive Polymer Synthesis as Promising Biomaterials in Biomedical Applications. *Macromolecular Materials and Engineering*. 2024. Vol. 310(1).2400246. <https://doi.org/10.1002/mame.202400246>.
 30. Rumi S. S., Liyanage S., Abidi N. Conversion of low-quality cotton to bioplastics. *Cellulose*. 2021. 28:2021–2038. doi: 10.1007/s10570-020-03661-1.
 31. Erdal N. B., Hakkarainen M. Degradation of cellulose derivatives in laboratory, man-made, and natural environments. *Biomacromolecules*. 2022. 23:2713–2729. doi: 10.1021/acs.biomac.2c00336.
 32. Técher D., Aran D., Silva M.D., et al. Field evaluation of the cotton-strip assay for quantifying decomposition rates in extensive green roof substrates. *Urban Forestry & Urban Greening*. 2024. Vol. 94. 128292. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2024.128292>.
 33. Rumi S.S., Liyanage S., Zhang Z., Abidi N. Upcycling Low-Quality Cotton Fibers into Mulch Gel Films in a Fast Closed Carbon Cycle. *Gels*. 2024. 23;10(4):218. doi: 10.3390/gels10040218. PMID: 38667637; PMCID: PMC11049410.
 34. Singh K., Dhillon B. S., Limba V. Effect of Mulching on Growth and Productivity of Bt Cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2021. Vol. 10(01). <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2021.1001.304>.
 35. Tan S., Wang Q., Zhang J., et al. Performance of AquaCrop model for cotton growth simulation under film-mulched drip irrigation in southern Xinjiang, China. *Agricultural Water Management*. 2018. 196(8):99-113. DOI:10.1016/j.agwat.2017.11.001.
 36. Yang Z., Hu Y., Zhao Y., et al. Effects of film mulching on cotton yield and water use efficiency in China: a meta-analysis. *Sci Rep.* 2026. 8;16(1):7801. doi: 10.1038/s41598-026-37124-7. PMID: 41656294; PMCID: PMC12949007.
 37. Hu Y., Zhao Y., Li L., et al. Effects of film mulching on cotton yield and water use efficiency in China: a meta-analysis. cts of film mulching on cotton yield and water use efficiency in China: a meta-analysis. *Scientific Reports*. 2026. 16(1). DOI:10.1038/s41598-026-37124-7
 38. Sun D., Li H., Wang E., et al. An overview of the use of plastic-film mulching in China to increase crop yield and water-use efficiency. *Natl Sci Rev.* 2020. 2;7(10):1523-1526. doi: 10.1093/nsr/nwaa146.
 39. Mo F., Mo F., Li X., et al. Alternating small and large ridges with full film mulching increase linseed (*Linum usitatissimum* L.) productivity and economic benefit in a rainfed semiarid environment. *Field Crops Research*. 2018. 219, 120–130. <https://doi.org/10.1016/J.FCR.2018.01.036>.
 40. Fu W., Fan J., Hao M. D., et al. Evaluating the effects of plastic film mulching patterns on cultivation of winter wheat in a dryland cropping system on the Loess Plateau, China. *Agric. Water Manag.* 2021. 244, 106550. 10.1016/j.agwat.2020.106550. DOI: 10.1016/j.agwat.2020.106550.
 41. Gao Y., Li Y., Wang Y., et al. Effect of different film color mulching on dry matter and grain yield of oil flax in dryland. *Oil Crop Science*. 2020. Vol. 5(2), P. 17-22/ <https://doi.org/10.1016/j.ocsci.2020.04.003>.
 42. Yang Z., Hu Y., Zhao Y., et al. Effects of film mulching on cotton yield and water use efficiency in China: a meta-analysis. *Sci Rep.* 2026. 8;16(1):7801. doi: 10.1038/s41598-026-37124-7. PMID: 41656294; PMCID: PMC12949007.
 43. Ermatov Q., Bekkulov B., Ibragimjanov B., et al. Results of a study on the mechanization of photodegradable film application in cotton crops. *AIP Conf. Proc.* 2025. Vol. 3268(1). 3268, 040015. <https://doi.org/10.1063/5.0257480>.
 44. Wang H., Yin Z., Zhang L., et al. Irrigation modulates the effect of increasing temperatures under climate change on cotton production of drip irrigation under plastic film mulching in southern Xinjiang. *Front. Plant Sci.* 2022. 13:1069190. doi: 10.3389/fpls.2022.1069190.
 45. Nie T. Z., Tang Y., Jiao Y., et al. Effects of irrigation schedules on maize yield and water use efficiency under future climate scenarios in heilongjiang province based on the AquaCrop model. *Agronomy*. 2022. 12, 810. doi: 10.3390/agronomy12040810.
 46. Dubey S. K., Sharma D. Assessment of climate change impact on yield of major crops in the banas river basin,

- India. *Sci. Total Environ.* 2018. 635, 10–19. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.03.343.
47. Anwa R. M. R., Wang B., Liu D. L. et al. Late planting has great potential to mitigate the effects of future climate change on Australian rain-fed cotton. *Sci. Total Environ.* 2020. 714, 136806. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.136806.
 48. Irmak S., Sandhu R., Kukal M. S. Multi-model projections of trade-offs between irrigated and rainfed maize yields under changing climate and future emission scenarios. *Agric. Water Manage.* 2022. 261, 107344. doi: 10.1016/j.agwat.2021.107344.
 49. Alizadeh M. R., Adamowski J., Nikoo M. R., et al. A century of observations reveals increasing likelihood of continental-scale compound dry-hot extremes. *Sci. Adv.* 2020.6, aaz4571. doi: 10.1126/sciadv.aaz4571.
 50. Rashid M., Jabloun M. A., Andersen M. N., et al. Climate change is expected to increase yield and water use efficiency of wheat in the north China plain. *Agric. Water Manage.* 2019. 222, 193–203. doi: 10.1016/j.agwat.2019.06.004.
 51. Alvar-Beltrán J., Heureux A., Soldan R., et al. Assessing the impact of climate change on wheat and sugarcane with the AquaCrop model along the Indus river basin, Pakistan. *Agric. Water Manage.* 2021.253, 106909. doi: 10.1016/j.agwat.2021.106909.
 52. Li N., Lin H., Wang T., et al. Impact of climate change on cotton growth and yields in Xinjiang, China. *Field Crops Res.* 2020. 247, 107590. doi: 10.1016/j.fcr.2019.107590.
- REFERENCES:**
1. Li, N.N., Li, J.H., Shi, X.J., Shi, F., Tian, Y., Wang, J., Hao, X.Z., Luo, H.H. & Wang, Z.B. (2024). Increasing cotton lint yield and water use efficiency for subsurface drip irrigation without mulching. *Front Plant Sci.* 25;15:1433719. doi: 10.3389/fpls.2024.1433719.
 2. Li, W., Wang, Z., Zhang, J. & Zong, R. (2021). Soil salinity variations and cotton growth under long-term mulched drip irrigation in saline-alkali land of arid oasis. *Irrig. Sci.* 40, 103–113. DOI:10.1007/s00271-021-00749-9.
 3. Wu, Y., Zhao, W., Meng, Y., Wang, Y., Chen, B. & Zhou, Z. (2018). Relationships between temperature-light meteorological factors and seedcotton biomass per boll at different boll positions. *J. Integr. Agric.* 17, 1315–1326. doi: 10.1016/S2095-3119(17)61820-3
 4. Yang, S., Chen, X., Yan, L. & Jiang, D. (2020). Performance of three different spades for residual plastic film recycling machine. *Appl. Eng. Agric.* 36, 187–195. doi: 10.13031/aea.13368.
 5. Can, H., Wang, X., Wang, S., Bing, L., Guo, W., Liu, C. & Tang, X. (2020). Impact of agricultural residual plastic film on the growth and yield of drip-irrigated cotton in arid region of Xinjiang, China. *Int. J. Agr. Biol. Eng.* 13, 160–169. doi: 10.25165/j.ijabe.20201301.5084.
 6. Tan, Q., Yang, L., Wei, F., Chen, Y. & Li, J. (2023). Comparative life cycle assessment of polyethylene agricultural mulching film and alternative options including different end-of-life routes. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 178:113239. doi: 10.1016/j.rser.2023.113239.
 7. Bandopadhyay, S., Lique y González, J. E., Henderson, K. B., Anunciado, M. B., Hayes, D. G. & DeBruyn, J. M. (2020). Soil microbial communities associated with biodegradable plastic mulch films. *Front. Microbiol.* 11:587074. doi: 10.3389/fmicb.2020.587074.
 8. Sintim, H. Y. & Flury, M. (2017). Is biodegradable plastic mulch the solution to agriculture's plastic problem? *Environ. Sci. Technol.* 51:1068–1069. doi: 10.1021/acs.est.6b06042.
 9. Sintim, H. Y., Bary, A. I., Hayes, D. G., Wadsworth, L. C., Anunciado, M. B., English, M. E., Bandopadhyay, S., Schaeffer, S. M., DeBruyn, J. M., Miles, C. A., Reganold, J. P. & Flury, M. (2020). In situ degradation of biodegradable plastic mulch films in compost and agricultural soils. *Sci. Total Environ.* 727:138668. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.138668.
 10. Kim, S. J., Shim, J.-Y., Park, K. M., Park, D., Heo, N. Y., Hwang, S. J., Park, S. H., Chung, H. W., Lee, J. M. & Chung, H. C. (2025). Comparison of decomposition of biodegradable mulching films under variable soil microbial conditions. *Front. Microbiol.* 16:1674576. doi: 10.3389/fmicb.2025.1674576.
 11. Ma, Z., Liu, J., Wen, Y., Li, W., Zhu, Y., Song, L., Li, Y., Liang, Y. & Wang, Z. (2024). Effects of Different Film Types on Cotton Growth and Yield under Drip Irrigation. *Sustainability*, 16(10):4173. <https://doi.org/10.3390/su16104173>.
 12. Zong, R., Wang, Z., Zhang, J. & Li, W. (2021). The response of photosynthetic capacity and yield of cotton to various mulching practices under drip irrigation in Northwest China. *Agric. Water Manage.* 249, 106814. DOI:10.1016/j.agwat.2021.106814.
 13. Chen, W., Jin, M., Ferre, T.P.A., Liu, Y., Huang, J. & Xian, Y. (2020). Soil conditions affect cotton root distribution and cotton yield under mulched drip irrigation. *Field Crops Res.* 249, 107743. DOI:10.1016/j.fcr.2020.107743.
 14. Hu C., Wang X., Wang S., Lu B., Guo W., Liu C. & Tang X. (2020). Impact of agricultural residual plastic film on the growth and yield of drip-irrigated cotton in arid region of Xinjiang, China. *Int. J. Agric. Biol. Eng.* 13, 160–169. DOI:10.25165/j.ijabe.20201301.508.
 15. Li, Y., Zhao, C., Yan, C., Mao, L., Liu, Q., Li, Z. & He, W. (2020). Effects of agricultural plastic film residues on transportation and distribution of water and nitrate in soil. *Chemosphere.* 242, 125131. doi: 10.1016/j.chemosphere.2019.125131
 16. Wang, X., Qiao, D., Chen, Y., Zou, G., Liu, B., Zhang, J. & Liu, B. (2022). Effects of long-term film mulching on the characteristics of soil residual film in topsoil layer of maize planted in northern China. *Fresenius Environ. Bull.* 31, 2881–2888.
 17. Zhang, Z., Zhang, L., Tian, H., Niu, Y. & Yang, X. (2021). Photosynthetic characteristics of cotton are enhanced by altering the timing of mulch film removal. *J Cotton Res* 4, 17. <https://doi.org/10.1186/s42397-021-00091-7>.
 18. Jiang, Z., Wang, Q., Ning, S., Hu, X. & Yuan, S. (2023). Growth and Yield Response and Water Use Efficiency of Cotton under Film-Mulched Drip Irrigation to Magnetized Ionized Water and *Bacillus subtilis* in Saline Soil in Xinjiang. *Agronomy.* 13(6):1644. <https://doi.org/10.3390/agronomy13061644>.
 19. Ning, S., Chen, C., Zhou, B. & Wang, Q. (2019). Evaluation of normalized root length density distribution models. *Field Crops Res.* 242, 107604.
 20. Ning, S., Zhou, B., Shi, J. & Wang, Q. (2021). Soil water/salt balance and water productivity of typical irrigation schedules for cotton under film mulched drip irrigation in northern Xinjiang. *Agric. Water Manage.* 245, 106651. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106651>.

21. Zhang, T., Zhai, Y., Ma, X., Shen, X., Bai, Y., Zhang, R., Ji, C. & Hong, J. (2021). Towards environmental sustainability: Life cycle assessment-based water footprint analysis on China's cotton production. *J. Clean. Prod.* 313:127925. doi: 10.1016/j.jclepro.2021.127925.
22. Kamble, Z. & Behera, B. K. (2021). Upcycling textile wastes: Challenges and innovations. *Text. Prog.* 53:65–122. doi: 10.1080/00405167.2021.1986965.
23. Zhang, Z., Rumi, S. S., Lucia, L. A. & Abidi, N. (2023). Waste treat waste: Alginate calcium versus alginate acid gels in upcycling waste cotton linter as composite bio-sorbent. *Ind. Crops Prod.* 205:117512. doi: 10.1016/j.indcrop.2023.117512.
24. Zhang, Z., Rumi, S. S., Lucia, L. A. & Abidi, N. (2024). Transforming low-quality cotton fibers into dye adsorbents. *Environ. Chem. Lett.* 1–7. doi: 10.1007/s10311-023-01692-1.
25. Wang, C., Su, J., Liu, T., Ge, S., Liew, R. K., Zhang, H., Naushad, M., Lam, S. S., Ng, H. S. & Sonne, C. (2023). A sustainable strategy to transform cotton waste into renewable cellulose fiber self-reinforcing composite paper. *J. Clean. Prod.* 429:139567. doi: 10.1016/j.jclepro.2023.139567.
26. Fan, W., Wang, Q., Rong, K., Shi, Y., Peng, W., Li, H., Guo, Z., Xu, B.B., Hou, H. & Algadi, H. (2024). MXene enhanced 3D needled waste denim felt for high-performance flexible supercapacitors. *Nano-Micro Lett.* 16:36. doi: 10.1007/s40820-023-01226-y.
27. Zhou, C., Girouard, F., O'Brien, B., Ronholm, J. & Wang, Y. (2022). Construction of chevaux-de-frise from cellulose nanocrystals to enable mechano-bactericidal activity on recycled waste cotton films. *Green Chem.* 24:1109–1113. doi: 10.1039/D2GC00073C.
28. Gao, W., Tu, Q., Wang, P., Zeng, J., Li, J., Wang, B., Xu, J., Chen, K., Zhang, Z. & Abidi, N. (2023). Conductive Polymer/Nanocellulose Composites as a Functional Platform for Electronic Devices: A Mini-Review. *Polym. Rev.* 64:162–191. doi: 10.1080/15583724.2023.2220018.
29. Demirci, S., Sahiner, M., Rumi, S. S., Suner, S. S., Abidi, N., & Sahine, N. (2024). The Use of Low-Quality Cotton-Derived Cellulose Films as Templates for In Situ Conductive Polymer Synthesis as Promising Biomaterials in Biomedical Applications. *Macromolecular Materials and Engineering*. Vol. 310(1).2400246. <https://doi.org/10.1002/mame.202400246>.
30. Rumi, S. S., Liyanage, S., & Abidi, N. (2021). Conversion of low-quality cotton to bioplastics. *Cellulose*. 28:2021–2038. doi: 10.1007/s10570-020-03661-1.
31. Erdal, N. B. & Hakkarainen, M. (2022). Degradation of cellulose derivatives in laboratory, man-made, and natural environments. *Biomacromolecules*. 23:2713–2729. doi: 10.1021/acs.biomac.2c00336.
32. Técher, D., Aran, D., Silva, M.D., Claverie, R., Erbrech, M., Bojic, C., Goncalves, V. & Maunoury-Danger, F. (2024). Field evaluation of the cotton-strip assay for quantifying decomposition rates in extensive green roof substrates. *Urban Forestry & Urban Greening*. Vol. 94. 128292. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2024.128292>.
33. Rumi, S.S., Liyanage, S., Zhang, Z. & Abidi, N. (2024). Upcycling Low-Quality Cotton Fibers into Mulch Gel Films in a Fast Closed Carbon Cycle. *Gels*. 23;10(4):218. doi: 10.3390/gels10040218.
34. Singh, K., Dhillon, B. S. & Limba, V. (2021). Effect of Mulching on Growth and Productivity of Bt Cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. ISSN: 2319-7706 Vol. 10(01). <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2021.1001.304>.
35. Tan, S., Wang, Q., Zhang, J., Chen, Y., Shan, Y. & Xu, D. (2018). Performance of AquaCrop model for cotton growth simulation under film-mulched drip irrigation in southern Xinjiang, China. *Agricultural Water Management*. 196(8):99-113.DOI:10.1016/j.agwat.2017.11.001.
36. Yang, Z., Hu, Y., Zhao, Y., Li, L., Liu, S., Meng, Q. & Zhang, Y. (2026). Effects of film mulching on cotton yield and water use efficiency in China: a meta-analysis. *Sci Rep.* 2026. 8;16(1):7801. doi: 10.1038/s41598-026-37124-7.
37. Hu, Y., Zhao, Y., Li, L., Liu, S., Meng, O. & Zhang, Y. (2026). Effects of film mulching on cotton yield and water use efficiency in China: a meta-analysis. *cts of film mulching on cotton yield and water use efficiency in China: a meta-analysis. Scientific Reports*, 16(1). DOI:10.1038/s41598-026-37124-7.
38. Sun, D., Li, H., Wang, E., He, W., Hao, W., Yan, C., Li, Y., Mei, X., Zhang, Y., Sun, Z., Jia, Z., Zhou, H., Fan, T., Zhang, X., Liu, Q., Wang, F., Zhang, C., Shen, J., Wang, Q. & Zhang, F. (2020). An overview of the use of plastic-film mulching in China to increase crop yield and water-use efficiency. *Natl Sci Rev.* 2;7(10):1523-1526. doi: 10.1093/nsr/nwaa146.
39. Mo, F., Mo, F., Li, X., Niu, F., Zhang, C., Li, S., Zhang, L. & Xiong, Y.-C. (2018). Alternating small and large ridges with full film mulching increase linseed (*Linum usitatissimum* L.) productivity and economic benefit in a rain-fed semiarid environment. *Field Crops Research*. 219, 120–130. <https://doi.org/10.1016/J.FCR.2018.01.036>.
40. Fu, W., Fan, J., Hao, M. D., Hu, J. S. & Wang, H. (2021). Evaluating the effects of plastic film mulching patterns on cultivation of winter wheat in a dryland cropping system on the Loess Plateau, China. *Agric. Water Manag.* 244, 106550. DOI: 10.1016/j.agwat.2020.106550.
41. Gao, Y., Li, Y., Wang, Y., Wu, B., Ke, J., Niu, J. & Guo, L. (2020). Effect of different film color mulching on dry matter and grain yield of oil flax in dry-land. *Oil Crop Science*. Vol. 5(2), P. 17-22/ <https://doi.org/10.1016/j.ocsci.2020.04.003>.
42. Yang, Z., Hu, Y., Zhao, Y., Li, L., Liu, S., Meng, Q. & Zhang, Y. (2026). Effects of film mulching on cotton yield and water use efficiency in China: a meta-analysis. *Sci Rep.* 8;16(1):7801. doi: 10.1038/s41598-026-37124-7.
43. Ermatov, Q., Bekkulov, B., Ibragimjanov, B., Shokirov, B. M. & Qorachayeva, O. (2025). Results of a study on the mechanization of photodegradable film application in cotton crops. *AIP Conf. Proc.* Vol. 3268(1). 3268, 040015. <https://doi.org/10.1063/5.0257480>.
44. Wang, H., Yin, Z., Zhang, L., Zhao, F., Huang, W., Wang, X. & Gao, Y. (2022). Irrigation modulates the effect of increasing temperatures under climate change on cotton production of drip irrigation under plastic film mulching in southern Xinjiang. *Front. Plant Sci.* 13:1069190. doi: 10.3389/fpls.2022.1069190.
45. Nie, T. Z., Tang, Y., Jiao, Y., Li, N., Wang, T. Y., Du, C., Zhang, Z., Chen, P., Li, T., Sun, Z. & Zhu, S. (2022). Effects of irrigation schedules on maize yield and water use efficiency under future climate scenarios in heilongjiang province based on the AquaCrop model. *Agronomy*. 12, 810. doi: 10.3390/agronomy12040810.

46. Dubey, S. K. & Sharma, D. (2018). Assessment of climate change impact on yield of major crops in the banas river basin, India. *Sci. Total Environ.* 635, 10–19. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.03.343.
47. Anwa, R. M. R., Wang, B., Liu, D. L. & Waters, C. (2020). Late planting has great potential to mitigate the effects of future climate change on Australian rain-fed cotton. *Sci. Total Environ.* 714, 136806. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.136806.
48. Irmak, S., Sandhu, R. & Kukal, M. S. (2022). Multi-model projections of trade-offs between irrigated and rainfed maize yields under changing climate and future emission scenarios. *Agric. Water Manage.* 261, 107344. doi: 10.1016/j.agwat.2021.107344.
49. Alizadeh, M. R., Adamowski, J., Nikoo, M. R., Kouchak, A. A., Dennison P. & Sadegh M. (2020). A century of observations reveals increasing likelihood of continental-scale compound dry-hot extremes. *Sci. Adv.* 6, aaz4571. doi: 10.1126/sciadv.aaz4571.
50. Rashid, M., Jabloun, M. A., Andersen, M. N., Zhang, X. Y. & Olesen, J. E. (2019). Climate change is expected to increase yield and water use efficiency of wheat in the north China plain. *Agric. Water Manage.* 222, 193–203. doi: 10.1016/j.agwat.2019.06.004.
51. Alvar-Beltrán, J., Heures, A., Soldan, R., Manzanos, R., Khan, B. & Dalla, Marta A. (2021). Assessing the impact of climate change on wheat and sugarcane with the AquaCrop model along the Indus river basin, Pakistan. *Agric. Water Manage.* 253, 106909. doi: 10.1016/j.agwat.2021.106909.
52. Li, N., Lin, H., Wang, T., Li, Y., Liu, Y., Chen, X. & Hu, X. (2020). Impact of climate change on cotton growth and yields in Xinjiang, China. *Field Crops Res.* 247, 107590. doi: 10.1016/j.fcr.2019.107590.

Боровик В.О., Олійник О.І. Ефективність технології вирощування бавовнику в умовах плівкового покриття

Бавовник (*Gossypium hirsutum* L.) належить до стратегічно важливих теплолюбних технічних культур, що є джерелом високоякісного волокна та цінної олійної сировини. **Метою** дослідження є оцінка впливу плівкового укриття та оптимізованих режимів зрошення на ріст, розвиток, тривалість вегетаційного періоду та врожайність бавовнику на основі аналізу літературних джерел. **Методи.** Аналіз досягнень науковців світу в галузі застосування плівки під посіви бавовнику. **Результати.** Одним із ключових лімітуючих чинників вирощування бавовнику є вплив низьких температур, які виступають потужним абіотичним стресором. За умов холодного стресу відбувається дисбаланс активних форм кисню, порушується функціонування фотосинтетичного апарату, інгібуються фізіолого-біохімічні процеси, що призводить до уповільнення росту й розвитку рослин та, як наслідок, зниження врожайності й погіршення якості продукції. Особливої актуальності зазначена проблема набуває в умовах Степу України, який розташований у зоні північної

межі вирощування бавовнику. Впровадження технології мульчування, зокрема вирощування культури під полімерними плівковими укриттями, є ефективним агротехнічним заходом для нівелювання негативного впливу абіотичних стресових чинників. Застосування плівкових матеріалів забезпечує підвищення температурного режиму ґрунту, збереження вологості, оптимізацію водного балансу, сприяє прискоренню ростових процесів, формуванню більш раннього врожаю та підвищенню ефективності використання водних ресурсів. **Висновки.** На основі аналізу сучасних досліджень встановлено, що застосування плівкового мульчування у поєднанні з крапельним зрошенням сприяє покращенню температурного та водного режимів ґрунту, активізації ростових процесів рослин бавовнику, скороченню тривалості вегетаційного періоду та підвищенню врожайності. Доведено також підвищення ефективності використання води в умовах обмежених водних ресурсів.

Ключові слова: плівкового мульчування, бавовнику, оптимізація водного та температурного режимів ґрунту.

Borovyk V.O., Oliynyk O.I. Efficiency of cotton growing technology under film covering conditions

Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) is a strategically important thermophilic industrial crop that is a source of high-quality fiber and valuable oilseeds. **The purpose** of the study is to assess the impact of film covering and optimized irrigation regimes on the growth, development, duration of the growing season and yield of cotton based on the analysis of literary sources. **Methods.** Analysis of the achievements of world scientists in the field of using film for cotton crops. **Results.** One of the key limiting factors in cotton growing is the influence of low temperatures, which act as a powerful abiotic stressor. Under conditions of cold stress, an imbalance of active oxygen species occurs, the functioning of the photosynthetic apparatus is disrupted, physiological and biochemical processes are inhibited, which leads to a slowdown in plant growth and development and, as a result, a decrease in yield and deterioration of product quality. This problem becomes particularly relevant in the conditions of the Steppe of Ukraine, which is located in the zone of the northern border of cotton cultivation. The introduction of mulching technology, in particular, growing crops under polymer film shelters, is an effective agrotechnical measure to eliminate the negative impact of abiotic stress factors. The use of film materials provides an increase in the temperature regime of the soil, moisture conservation, optimization of the water balance, contributes to the acceleration of growth processes, the formation of an earlier harvest and increased efficiency of water resources use. **Conclusions.** Based on the analysis of modern research, it was found that the use of film mulching in combination with drip irrigation contributes to the improvement of the temperature and water regimes of the soil, the activation of growth processes of cotton plants, the reduction of the duration of the growing season and the increase in yield. It has also been proven to increase the efficiency of water use in conditions of limited water resources.

Key words: film mulching, cotton, optimization of water and temperature regimes of the soil.

Дата першого надходження статті до видання: 27.08.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 30.09.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 21.10.2026