

Қазақстан жағдайында әртүрлі ауыл шаруашылығы дақылдарында су пайдалану тиімділігін бағалау

Ляйля Акбаева¹, Раушан Шайхиева¹, Жумабике Бакешова^{1*}, Илес Киянбеков²,
Ердаулет Тулегенов³

¹Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан; akbaeva_lk@enu.kz, raushan.baibosynova@inbox.ru, bakeshova_zhu@enu.kz

²Су қорлары жөніндегі ақпараттық-талдау орталығы, Астана, Қазақстан; Iles64@mail.ru

³Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан; tulegenov.e@qyzpu.edu.kz

*Корреспонденция: bakeshova_zhu@enu.kz

Аңдатпа. Мақала авторлары су ресурстарының жеткіліксіздігі мәселелерінің шиеленісуінің артуы жағдайында Қазақстанның ауыл шаруашылығында суды пайдаланудың экономикалық және физиологиялық тиімділігіне бағалау жүргізді.

Зерттеу жұмысының өзектілігі Қазақстан Республикасының аграрлық секторының суармалы егістікке тәуелділігінің артуы, су ресурстарының ауқымды бөлігі трансшекаралық сипатта болуы, су пайдалану тиімділігінің төмен деңгейде сақталуы.

Жұмыстың мақсаты - Қазақстанның кейбір облыстарында ауыл шаруашылығының өсімдік дақылдары үшін су пайдалану тиімділігін бағалау, су қорларын тиімді пайдалануды арттыру бағыттарын айқындау. Зерттеу әдістемесі су пайдалану тиімділігінің көрсеткішін (СПТ) есептеуге негізделген. Көрсеткіштер ауыл шаруашылығының құрылымын ескеріп, бір текше метр суға шаққанда теңге және АҚШ долларымен есептелді. Талдау нәтижелері су пайдалану тиімділігі көрсеткіштерінің (СПТ) аймақтық тұрғыда айырмашылықтарын, ауыл шаруашылығының өсімдік дақылдары арасындағы су пайдалану тиімділігі деңгейінің үлкен алшақтығын көрсетті. Су пайдалану тиімділігінің жоғары мәндері көкөніс дақылдарына, картопқа, көпжылдық екпелерге тән. Оңтүстік, оңтүстік-шығыс өңірлерде дамыған ирригациялық инфрақұрылым мен ауыл шаруашылығы өнімдерінің жоғары нарықтық құны үйлесім табады. Дәнді дақылдар пайдаланылған судың бірлігіне шаққанда төмен экономикалық қайтарым көрсетеді, әсіресе тәлімдік (богарлы) егіншілік басым өңірлерде. Зерттеудің практикалық маңызы алынған нәтижелерді өңірлік ерекшеліктерге бағытталған су үнемдеу саясатын әзірлеуде, ауыл шаруашылығының құрылымын оңтайландыруда, Тұрақты даму мақсаттарының 6.4.1 индикаторына қол жеткізуді мониторингтеуде пайдалануға болатындығында. Тұрақты даму жағдайында экономикалық су қайтарымын арттыруға, су жүктемесін азайтуға бағытталған су қорларын басқарудың сараланған моделіне көшу қажеттігі туралы қорытынды жасалды.

Дәйексөз: Акбаева, Л., Шайхиева, Р., Бакешова, Ж., Киянбеков, И., Тулегенов, Е. (2026). Қазақстан жағдайында әртүрлі ауыл шаруашылығы дақылдарында су пайдалану тиімділігін бағалау. Journal of Ecology and Sustainability, 155(2), 7-21. <https://doi.org/10.32523/bcrk3a79>

Академиялық редактор:
А. Зандыбай

Редакцияға түсті: 03.04.2026
Түзетілді: 05.05.2026
Қабылданды: 11.06.2026
Басылымға шықты: 30.06.2026



Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

Түйін сөздер: су пайдалану тиімділігі; ирригация; су үнемдеу; су ресурстары; ауыл шаруашылығы; суару жүйелері; азық-түлік қауіпсіздігі; су балансы; су пайдалану коэффициенті.

1. Кіріспе

Орталық Азия елдерінде су ресурстарын тиімді пайдалану ауыл шаруашылығы саласындағы өзекті экологиялық мәселе. Тұщы судың жеткіліксіздігі, су қорларының біркелкі бөлінбеуі, экономиканың суармалы егіншілікке тәуелділігі табиғи экологиялық жүйелерге түсетін антропогенді жүктемені арттыруда. Ирригациялық әдістердің тиімсіздігі, арналардағы судың едәуір көп шығынға ұшырауы мен климаттық жағдайлардың өзгеруі топырақ қабатының тозуына, су қорларының азаюына, шөлейттенуге алып келеді. Шөлейттену жағдайында су қорларын тиімді пайдалану тәжірибесіне көшу маңыздылығы экологиялық тепе-теңдіктің сақталуына, азық-түлік қауіпсіздігіне, әлеуметтік-экономикалық дамуға әрі бүкіл өңірдің тұрақтылығына тікелей әсер етеді.

Ауыл шаруашылығында су қорларын тиімді пайдалану Қазақстанда тұрақты даму мен азық-түлік қауіпсіздігінің басты қозғаушы күші. Қазақстан – су қорлары шектеулі ел. Жер үсті суларының 40 %-ы көршілес елдердің аумақтарындағы (Қытай, Қырғызстан, Ресей, Өзбекстан) трансшекаралық өзендерден келеді (Ministry of Ecology, 2024). Еліміздегі сегіз су шаруашылығы бассейнінің жетеуі трансшекаралық сипаты Қазақстанның су қауіпсіздігін мемлекетаралық ынтымақтастыққа тәуелді етеді.

2015 жылы Біріккен Ұлттар Ұйымы (БҰҰ) бекіткен Тұрақты даму мақсаттарын (ТДМ) жүзеге асырудың өзектілігі бар. ТДМ – 6 «Таза су және санитария», ТДМ -12 «Жауапты тұтыну және өндіріс» ТДМ-13 «Климаттың өзгеруімен күрес» су қорларын тиімді пайдалануды және суды тұрақты пайдалану үлгілеріне көшуді қамтамасыз етуге бағытталған (FAO, 2021). Қазақстан Республикасы үшін тұрақты даму мақсаттарына жету сумен қамтамасыз етуді жабдықтаудың тиімділігін арттыруды, суару жүйелерін жаңарту мен суды үнемді тұтынуға мүмкіндік беретін технологияларды енгізуді қамтиды.

Ауыл шаруашылығы саласы елдегі ең ірі су тұтынушы, оған су алудың 60 %-дан астамы тиесілі. Ауыл шаруашылығында суды пайдалану тиімділігі төмен. Су қорларының айтарлықтай бөлігі тасымалдау мен бөлу процесінде жоғалады. Егістік құрылымында едәуір ауқымды үлесті суды көп тұтынатын мақта мен күріш дақылдары алады. Мақта мен күріш өсу талаптарын қанағаттандыру үшін көп мөлшерде суды қажет етеді (Wang et al., 2020; Akbayeva et al., 2023). Суармалы дақылдардың басты шаруашылықтары орналасқан еліміздің оңтүстігі мен оңтүстік шығыс өңірлерінде көп мөлшерде су қажеттілігі өткір мәселелердің қатарында. Тұрақты дамуға көшу суды тиімді пайдаланудың ғылыми дәлелденген тәсілдерін қолдануды, өсімдік дақылдарының су өнімділігін бағалауды, су балансының аймақтық ерекшеліктерін зерттеуді талап етеді.

Елімізде ауыл шаруашылығы өсімдіктерінің су пайдалану тиімділігін бағалау тақырыбындағы зерттеулер жеткіліксіз болғанымен, жекелеген зерттеушілердің еңбектері кездеседі. Су тұтынуды өңірлік саралау, су пайдаланудың экономикалық және экологиялық тиімділігі арасындағы байланыстарды зерттеу жеткіліксіз. Ауыл шаруашылығы салаларында су үнемдейтін технологияларды енгізу қарқыны төмен.

Жұмыстың мақсаты – Қазақстанның ауыл шаруашылығының өсімдіктерінің су пайдалану тиімділігін бағалау мен су қорларын тиімді пайдалануды жақсарту бағыттарын анықтау.

Жұмыстың міндеттері:

- Қазақстанның ауыл шаруашылығында суды пайдаланудың ағымдағы жағдайын бағалау;
- өңірлерде ауыл шаруашылығының өсімдік дақылдарының суды тұтынуын бағалау;
- әдістемелік есептеулерді қолданып, су пайдалану тиімділігіне әсер ететін факторларды анықтау;

- өңірлік ерекшеліктерді ескеріп, су пайдалану тиімділігін арттыруға ықпал ететін ұсынымдар әзірлеу.

Қазақстанда су пайдаланудың тиімділігін арттыру резервтерін анықтау мен ауыл шаруашылығында су ресурстарын пайдалануды оңтайландыру ұсыныстарын әзірлеу зерттеу жұмысының практикалық маңыздылығы (Adamov et al, 2025). Су пайдалану тиімділігі су алу көлемімен ғана анықталмайды, егістіктің құрылымы, өнімділік деңгейі, қолданыстағы суару технологиялары, инфрақұрылымның жай-күйі ескеріледі (Condon et al., 2002; Kinzler et al., 2012). Ragettli бастаған зерттеушілер су пайдалану тиімділігі саласындағы зерттеулерінде су балансы мен қашықтықтан зондтау әдістерін қолданып, Орталық Азияның су бассейндерінде ауыл шаруашылығында су пайдалануды кешенді бағалауды қарастырған (Ragettli et al., 2025). Түрлі агроклиматтық аймақтарда су пайдалану тиімділігін талдау үшін буланудың спутниктік деректері мен су өнімділігінің көрсеткіштерін пайдаланды. Су пайдаланудың кеңістіктегі әркелкілігі мен ауыл шаруашылығы құрылымының су пайдалану тиімділігіне әсеріне ерекше назар аударды (Ahmadi et al., 2019).

Ragettli т.б. зерттеулерінде геокеңістіктік талдау мен өңірлік ерекшеліктерді бағалауды қолданған. Зерттеудің ерекшелігі Қазақстанның аймақтық деңгейінде физиологиялық және экономикалық көрсеткіштерді ескеріп, су пайдалану тиімділігін бағалау арқылы кеңістіктік аналитикалық талдаудың мүмкіндіктерін арттыруға бағытталғандығы (Ragettli., 2025). Арал теңізінде экологиялық апат тудырған мәселе, Орталық Азияда суды шамадан тыс егістік суаруға пайдалану. Осыған байланысты өңірлерде ортақ су қорларын тиімді пайдалануды жақсарту қажеттілігі пайда болды. Суармалы дақыл түрлеріне суару әдістерін дұрыс таңдау су пайдаланудың мөлшерлік әрі экономикалық тиімділігін жақсарты алады (Lee et al., 2018).

Chen MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) спутниктік деректер арқылы Орталық Азия елдері үшін су пайдалану тиімділігінің деректер жинағын әзірледі. Зерттеулерде су пайдалану тиімділігінің ұзақ мерзімді тенденциялары мен кеңістіктік өзгерістерін бағалауға мүмкіндік беретін жалпы бастапқы өнімділік немесе егін түсімінің булануға қатынасы қарастырылады. Аймақтар мен ауыл шаруашылығының өсімдік дақылдары арасындағы айырмашылықтарды анықтап, су өнімділігіне климаттық факторлардың әсерін зерттеген (Chen et al., 2022).

Жұмыстың ерекшелігі экономикалық тиімділік көрсеткіштерін пайдаланып, зерттеу нәтижелерінің практикалық маңыздылығын арттырып, қолданбалы зерттеулерге баса назар аудару. Су тапшылығының сезілуіне, климаттың өзгеруіне, азық-түлік қауіпсіздігін қамтамасыз ету қажеттілігіне байланысты, елімізде ауыл шаруашылығында су пайдалану тиімділігі мәселелеріне қызығушылық артқан (Akhmetov et al., 2022).

Ауыл шаруашылығының өсімдік дақылдарының су пайдалануын бағалауға, суару инфрақұрылымының жағдайын талдауға, шектеулі ресурстар жағдайында су қайтарымын арттыру құралдарын әзірлеуге арналған зерттеулер кездеседі (Meymankhozhayev et al., 2025). Гидропоникада «жасыл технологиялар» әдісімен күріш өсіру мен күріштің сапасын жақсартуға байланысты су қорларын үнемдеу, экологиялық таза өнім алу, жыл мезгілдеріне тәуелді болмау мәселелерін шешуге болатыны Қазақстандық ғалымдардың еңбектерінде кездеседі (Akbaeva et al., 2022). Аграрлық секторда су пайдалану тиімділігі әлемдік стандарттармен салыстырғанда төмен екенін отандық зерттеулер анықтады. Қазақ су шаруашылығы ғылыми-зерттеу институтының деректері кейбір аймақтардағы магистральдық желілер мен шаруашылық ішілік суару жүйелеріндегі су ысырабы 40-60 %-ға жетіп, суармалы жерлердің жалпы өнімділігі төмендейтінін көрсетті. Басты себептері – каналдардың физикалық тозуы, суды автоматтандырылған есепке алудың жоқтығы, су қорларының ауыл шаруашылығының өсімдік дақылдары арасындағы ұтымсыз бөлінуі (Akhmetov et al., 2022).

Ғылыми зерттеулерде су пайдаланудағы аймақтық ерекшеліктерге көңіл бөлінді. Қазақстанның оңтүстігі мен оңтүстік-шығыс аймақтары (Алматы, Түркістан, Жетісу облыстары) су тапшылығының байқалуымен сипатталады. Суды көп тұтынатын күріш, мақта, жүгері, көкөністер шоғырланған аймақ болғандықтан су ресурстарына қысым көп.

Өртүрлі суару әдістерін қолдану су тиімділігін төмендетеді (Ministry of Ecology., 2024; Olzhabayeva et al., 2016).

Өсімдіктерде су пайдаланудың физиологиялық тиімділігі дақыл түріне байланысты өзгереді (Abdullaev et al., 2004). Төмен су шығыны күріш пен мақтада, картоп суды аз тұтынумен жоғары тиімділік көрсетеді. Су пайдаланудың экономикалық тиімділігі барлық жағдайда физиологиялық тиімділікпен сәйкес келе бермейді. Жоғары нарықтық құны бар дақылдар (көкөністер, бақша дақылдары, картоп) жоғары су тұтыну кезінде айтарлықтай экономикалық қайтарымды бере алады.

Алматы мен Түркістан облыстарында жүргізілген тәжірибелік-қолданбалы зерттеулер тамшылатып және жаңбырлатып суару әдістерін қолдану су шығынын 30-40 %-ға азайта отырып, ауыл шаруашылығының өсімдік дақылдарының өнімділігін 20-35 %-ға арттыруға болатынын көрсетеді (Smanov et al., 2025). Майбасова т.б. зерттеулерінде Қазақстанның оңтүстігі мен оңтүстік-шығысында күріш пен қант қызылшасын тамшылатып суару жоғары тиімділік көрсеткен (Maibasova et al., 2023). Суарудың ондай тәсілдерінің тиімділігіне қарамастан, қолданылатын техниканың бастапқы құнының жоғары болуы мен шаруашылық деңгейінде мемлекеттік қолдаудың жеткіліксіздігі мұндай технологияларды Қазақстанға енгізу ауқымын шектеп отыр. Суды пайдаланудағы кеңістіктік ерекшеліктерді талдау үшін қашықтықтан зондтау мен спутниктік түсірілімдер негізінде булануды бағалау әдістерін көбірек қолдана бастады. Бағалауға негізделген әдістер аймақтық деңгейде ауыл шаруашылығының өсімдік дақылдарының су өнімділігін бағалауға, жоғары тиімділік аймақтарын анықтауға мүмкіндік береді (FAO., 2021; Chen et al., 2022; Roy et al., 2023; Safi et al., 2023; Turk et al., 2023; Ahmad et al., 2025).

Еліміздің солтүстігі мен солтүстік-шығыс аймақтарының өсімдік дақылдарының суаруға тәуелділігі аз. Тәлімдік (боғарлы) егіншіліктің басымдығына байланысты тұрақты су жинау көрсеткіштерімен сипатталады. Зерттеу жұмысы көлемді болғанымен, көпшілігі жеке дақылдар мен белгілі аймақтарға бағытталған. Бір мезгілде физиологиялық әрі экономикалық көрсеткіштерді ескеріп, суды пайдалану тиімділігін кешенді бағалау, кеңістіктік өзгеру мәселелері жеткіліксіз зерттелген (Ragettli et al., 2025).

Қолданыстағы зерттеулер алынған нәтижелерді Тұрақты даму мақсатының индикаторлармен салыстыру арқылы ұлттық су саясатын қалыптастырудың практикалық маңыздылығын шектейді.

Заманауи әдістемелер мен геоақпараттық құралдарды пайдаланып, Қазақстанның өңірлеріндегі ауыл шаруашылығы өсімдік дақылдарының су пайдалану тиімділігін кешенді талдау қажет. Кешенді талдаулар арқылы су тұтынудың кеңістіктік заңдылықтарын анықтауға, су жинау аймақтарын тіркеуге мүмкіндік болады. Елдің ауыл шаруашылығы секторында су ресурстарын тиімді пайдалануды жақсартуға қатысты ғылыми негізделген ұсыныстарды тұжырымдауға мүмкіндік бар (Pena-Arancibia et al., 2025; Vadez et al., 2023).

2. Материалдар мен әдістер

Зерттеу жұмысының әдістемесі ауыл шаруашылығы саласында су пайдаланудың экономикалық тиімділігін кешенді бағалауға арналған. ТДМ 6-«Таза су және санитария», яғни экономиканың барлық секторында суды пайдалану тиімділігін арттыруға бағытталған 6.4. нысаналы көрсеткішіне сәйкес келеді. ҚР Ұлттық статистика бюросының ресми статистикалық деректерінің ішінде ауыл шаруашылығының жалпы өнімі, егістік, суармалы алқаптар, 2023 жылға арналған суды пайдалану деректері пайдаланылды. Есептеулер өсімдік шаруашылығы дақылдары мен өңірлердің ерекшеліктерін ескеріп жүргізілді.

2.1. Су пайдалану тиімділігін есептеу әдістемесі

Зерттеудің басты көрсеткіші – су пайдалану тиімділігі (СПТ), ол текше метр суға шаққандағы теңге (тг/м³) және АҚШ долларымен (USD/м³) көрсетіледі. Көрсеткіш ауыл шаруашылығында су қорларын пайдаланудан алынатын экономикалық қайтарымды білдіреді.

2.1.1. Суармалы жерлерде жалпы қосылған құнды есептеу

Суармалы жерлерде белгілі бір дақыл үшін жалпы қосылған құн (ЖҚҚ) сол дақылдың жалпы егістік аумағына қарағандағы суармалы жерлер пропорциясында есептеледі:

$$ЖҚҚ_{сж} = \frac{S \cdot ЖҚҚ_{жалпы}}{S_{жалпы}} \quad (1)$$

мұндағы:

$ЖҚҚ_{жалпы}$ – ауыл шаруашылығы өнімінің дақыл түрінің облыстағы жалпы қосылған құны, тг;

S – белгілі бір дақылға арналған суармалы жерлердің ауданы, га;

$S_{жалпы}$ – облыстағы дақылдың жалпы егіс ауданы, га.

2.1.2. Суармалы жерлердің үлесін анықтау

Дақылды өсірудің жалпы ауданындағы суармалы жерлердің пропорционалды үлесі келесі формуламен анықталады:

$$Ж_{сж} = \frac{S}{S_{жалпы}} \quad (2)$$

мұндағы:

$Ж_{сж}$ – суармалы жерлердің үлесі.

2.1.3 Тәлімдік (богарлы) егіншіліктің үлесін есепке алу

Суармалы егіншілік пен тәлімдік (богарлы) егіншілік арасындағы айырмашылықтар есепке алынады. Есепке алу үшін тәлімдік (богарлы) егіншілік жерлерінің қосалқы секторында қалыптасатын жалпы қосылған құнның үлесін көрсететін $Ж_t$ -коэффициенті қолданылады.

Есептеу кезінде су пайдалану тиімділігін бағалаудың әдістемесінде ұсынылған суармалы және тәлімдік (богарлы) егіншіліктің өнімділігі арасындағы 0,375 типтік арақатынасы қолданылады:

$$Ж_t = \frac{1}{1 + \frac{3_0}{1-3_0} \cdot 0,375} \quad (3)$$

2.1.4 Дақылдарды суаруға арналған су пайдалану көлемін есептеу

Ауыл шаруашылығы саласында өсімдік дақылдарының су пайдалану көлемі суармалы жерлердің ауданы мен су пайдалану нормасының көбейтіндісімен есептеледі:

$$СПК_{аш} = S \cdot h \quad (4)$$

мұндағы:

$СПК_{аш}$ – су пайдалану көлемі, м³;

h – дақылдың су пайдалану нормасы, м³/га.

2.1.5 Ауыл шаруашылығы саласында пайдаланылған судың үлесін анықтау

Зерттелетін дақыл үшін ауыл шаруашылығында пайдаланылған судың пропорционалды үлесі келесі формуламен анықталады:

$$СПУ_{аш} = \frac{СПК_{аш}}{СПК_{жалпы}} \quad (5)$$

мұндағы:

$СПК_{жалпы}$ – өңір бойынша ауыл шаруашылығында тұтынылатын судың жалпы көлемі, $м^3$.

2.1.6. Суармалы егіншіліктің қосалқы секторында су пайдалану тиімділігін есептеу

Суармалы егіншіліктің қосалқы секторында су пайдалану тиімділігі келесі формуламен есептеледі:

$$CX_{спт} = \frac{ЖКК_{сж} \cdot (1 - 3_6)}{СПК_{аш}} \quad (6)$$

мұндағы:

$CX_{спт}$ – суармалы егіншіліктің су пайдалану тиімділігі, $тг/м^3$.

2.1.7. Су пайдалану тиімділігінің қорытынды көрсеткішін анықтау

Өңірлердегі түрлі дақылдардың су пайдалану тиімділігі ауыл шаруашылығында пайдаланылған судың үлесін есепке ала отырып анықталады:

$$СПТ = CX_{спт} \cdot СПУ \quad (7)$$

Әдістеме өңірлердегі ауылшаруашылығы дақылдарының су пайдалану тиімділігін салыстыруға, суармалы және тәлімдік (богарлы) егіншілік арасындағы айырмашылықтарды ескеруге, ТДМ 6.4.1 индикаторларымен сәйкестікті қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

3. Нәтижелер

Зерттеу барысында Қазақстанның кейбір облыстарының негізгі ауыл шаруашылығының өсімдік дақылдары үшін су пайдаланудың физиологиялық тиімділігі ($тг/м^3$) мен экономикалық тиімділігі ($$/м³) есептелді. Есептеу нәтижелері 1-кестеде көрсетілген.$

Алынған мәндер климаттық жағдайларға, судың қолжетімділігіне, суару технологиясына, дақыл құрылымына байланысты аймақаралық ерекшеліктерді көрсетеді. Еліміздің зерттеуге алынған өңірлерінің ауылшаруашылығының өсімдік дақылдарының суды пайдалануының экономикалық тиімділігі бағаланды. Көрсеткіштер текше метріне теңгемен ($тг/м^3$) және АҚШ долларымен ($USD/м^3$) берілді. Зерттелген өңірлер мен ауылшаруашылығының өсімдіктері арасындағы су пайдалану тиімділігінде айырмашылықтар бар екенін деректерді талдау нәтижелері көрсетті. Жоғары су пайдалану тиімділігінің мәндері жалпы қосылған құны жоғары дақылдарда (көкөністер, бақша дақылдары, көпжылдық егіндер) тіркелді.

Алматы облысында көкөніс өсіруде су пайдалану тиімділігі еліміздің солтүстігі мен батыс өңірлеріндегі көрсеткіштерден асып 717 тг/м^3 ($1,425 \text{ USD/м}^3$) құрады. Мұндай көрсеткіштің тіркелуі қарқынды суарудың қолайлы агроклиматтық жағдайлары мен өнімнің нарықтық құнының жоғары үйлесімімен байланысты.

Ақмола облысында дәнді дақылдар өсіруде су пайдалану тиімділігі $1,809 \text{ тг/м}^3$, Ақтөбе облысында $1,645 \text{ тг/м}^3$ құрады. Алынған көрсеткіштер егістік алқаптарының ауданы мен суаруды қолданудың шектеулігін ескеріп, су ресурстарының бірлігіне шаққандағы төмен экономикалық табысты көрсетті.

Кесте 1. Қазақстан Республикасында өсімдік шаруашылығы дақылдарының су пайдалану тиімділігі

№	Дақылдың атауы	Қазақстан Республикасының облыстары											
		Ақмола		Ақтөбе		Алматы		БҚО		Павлодар		Жетісу	
		тг/м ³	USD/м ³	тг/м ³	USD/м ³	тг/м ³	USD/м ³	тг/м ³	USD/м ³	тг/м ³	USD/м ³	тг/м ³	USD/м ³
1	Көкөністер	2,248	0,0044	21,4	0,042	717	1,425	28,63	0,056				
2	Дәнді дақылдар	1,809	0,0035	1,645	0,0032								
3	Картоп	6,717	0,0133	0,00104	2,06			0,913	0,0018	4368	8,678	0,0867	1,7
4	Көшеттер	2,1195	0,0042	721,2	1,432								
5	Көпжылдық екпелер	0,969	0,002	3,602	0,0071	2553	5,072	1453	2,88			333,45	0,66
6	Жүгері			0,131	2,60								
7	Бақша дақылдары					2279,3	4,528	5,81	0,011				
8	Жидектер					222,85	0,442						
9	Дәндік жүгері					18,6	0,037	6,245	0,0248			8,9	0,018
10	Күздік дақылдар					322,5	0,640					0,205	0,00041
11	Жаздық дақылдар					164,7	0,327					232,2	0,47
12	Соя					0,899	0,0017						

Картоп дақылының су пайдалану тиімділігі барлық өңірлерде біркелкі болмады. Павлодар облысында СПТ мәні 4368 тг/м^3 ($8,678 \text{ USD/м}^3$) болса, Ақтөбе облысында $0,00104 \text{ тг/м}^3$ ($2,06 \text{ USD/м}^3$) құрады. Айырмашылықтар дақылдардың түсімділігімен, экономикалық құндылығымен, су тұтыну көлемімен, суармалы жерлерді пайдаланудың деңгейлерімен түсіндіріледі.

Көпжылдық екпелер мен көшеттер жоғары тиімділік көрсетті. Алматы облысында көпжылдық екпелердің су пайдалану тиімділігі 2553 тг/м^3 ($5,072 \text{ USD/м}^3$) жетті. Зерттеу нәтижелері су ресурстарын тиімді пайдаланғанда дақылдардың айтарлықтай экономикалық әлеуетінің бар екенін көрсетті. Жетісу облысында ұқсас тенденция байқалды, көпжылдық екпелер $33,45 \text{ тг/м}^3$ ($0,66 \text{ USD/м}^3$) тиімділік көрсетті.

Жүгері, бақша дақылдары, жидектер сумен жабдықтау жүйелеріне, агротехнология деңгейлеріне сезімталдығына байланысты кері СПТ мәндерін көрсетті. Алматы облысында бақша дақылдарының су пайдалану тиімділігі $2279,3 \text{ тг/м}^3$ (4528 USD/м^3) жетті, басқа өңірлерде төмен немесе мүлдем жоқ. Жетісу облысында жаздық дақылдар ($232,2 \text{ тг/м}^3$) мен көпжылдық екпелерде ($333,45 \text{ тг/м}^3$) су пайдалану тиімділігінің жоғары мәндері тіркелді.

Алынған мәндер өңірдің табиғи-климаттық жағдайларына бейімделген дақыл құрылымын, суаруға арналған суды тиімді пайдалануды көрсетеді. Күздік дақылдар үшін СПТ төмен мәндері ($0,205 \text{ тг/м}^3$) тіркелді. Су ресурстарының шектеулігі мәселелері күздік дақылдарды өсірудің экономикалық тиімділігін қайта қарауды айқындап отыр.

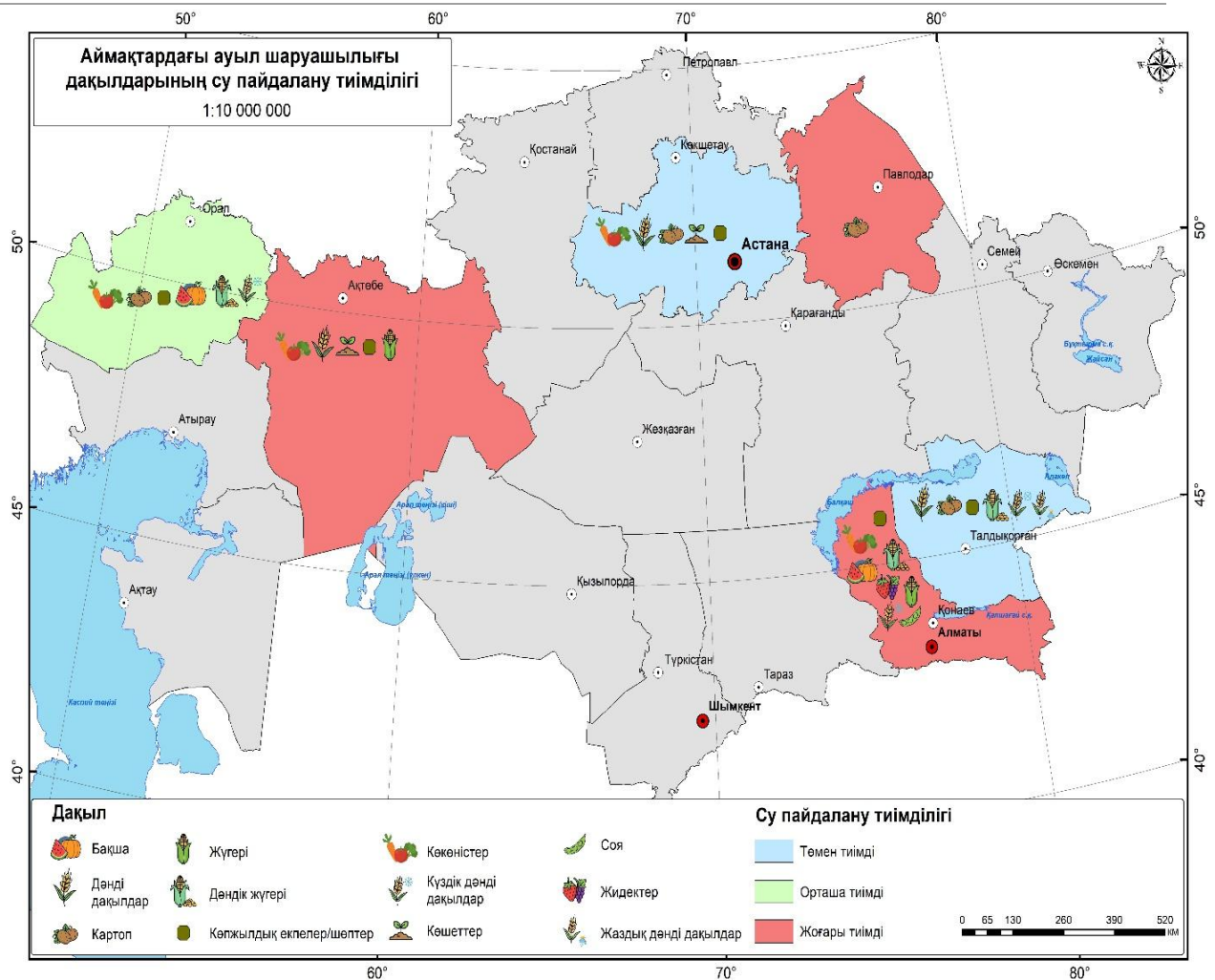
Зерттеу жұмысынан алынған нәтижелер су пайдалану тиімділігі тұтынылатын судың көлемімен ғана емес, ауылшаруашылығының экономикалық құрылымымен, егін өнімділігінің түсімімен, өнімнің нарықтық құнымен анықталатынын көрсетті. Жалпы қосылған құны жоғары дақылдар едәуір экономикалық табыс әкеледі. Өнімнің бағасы төмен экстенсивті дақылдар су пайдалану тиімділігінің төмендігімен сипатталады.

Тұрақты даму мақсаты 6 (ТДМ 6.4.1) контекстінде анықталған ерекшеліктер егістік үлгілерін оңтайландыру, су үнемдейтін технологияларды енгізу, су ресурстарын экономикалық тиімділігі жоғары ауыл шаруашылығының өсімдік дақылдарына бағыттау арқылы су пайдалану тиімділігін арттырудың әлеуетін көрсетеді.

ҚР әртүрлі аймақтарындағы ауыл шаруашылығының өсімдік дақылдарының суды пайдалану тиімділігінің картасы жасалды (Сурет 1).

Картографиялық визуализация негізінде Қазақстанның ауыл шаруашылығындағы суды пайдалану тиімділігінің кеңістіктік талдауы табиғи-климаттық жағдайларға, егістік үлгілеріне, суару технологияларына байланысты біраз аймақтық айырмашылықтардың бар екенін көруге болады.

Карта су ресурстарының тиімділігін жан-жақты бағалауға мүмкіндік беретін еліміздің негізгі ауыл шаруашылығы өңірлеріндегі дақылдардың суды пайдалану тиімділігі деңгейлерінің таралуын көрсетеді. Суды пайдалану тиімділігі жоғары аймақтар, картада көрсетілгендей Қазақстанның шығысы мен оңтүстік-шығыс бөлігінде (Алматы, Павлодар) шоғырланған. Аймақтардың ерекшелігі агроклиматтық жағдайлардың қолайлығымен, суару инфрақұрылымының дамуымен, өнімділігі жоғары дақылдарға (көкөніс, картоп, дәнді дақылдар) назар аударумен сипатталады. Тамшылатып және аралас суару арқылы суды үнемдейтін технологияларды пайдалану судың шығынын азайтуға, суды пайдаланудың физиологиялық және экономикалық тиімділігін арттыруға көмектеседі.



Сурет 1. Өңірлердегі ауыл шаруашылығының өсімдік дақылдарының су пайдалану тиімділігі (Авторлардың зерттеу нәтижелері негізінде ArcGIS 10.4. бағдарламасымен жасалды)

Суды пайдаланудың қалыпты немесе орташа тиімділігі аралас егіншілік пен шектеулі суару басым болған батыс өңірлерде кездеседі. Суды пайдалану тиімділігі көп жағдайда табиғи жауын-шашын мен егістік алқаптарының құрылымына байланысты.

Суды алудың төмен көлеміне қарамай, ауыл шаруашылығының экстенсивті сипаты мен агротехнологияларды қолданудың шектеулі болуына байланысты судың өнімділігі қалыпты күйде қалып отыр. Тамшылатып және аралас суару су үнемдеу технологияларын қолдану су шығынын азайтады, су пайдалану тиімділігінің физиологиялық және экономикалық көрсеткіштерін арттырады.

Су пайдалану тиімділігі төмен оңтүстік пен оңтүстік-батыс аймақтарда суды көп тұтынатын дақылдар (күріш, мақта, жүгері) басым. Дақылдар дәстүрлі жер үсті суару әдістерімен өсіріледі. Сумен қамтамасыз етудің жоғары қарқыны суды тасымалдау кезінде ысыраптың орын алуымен, тиісті техникалық жабдықтаумен бірге су шығыны мен экономикалық тиімділіктің төмендеуіне әкеледі. Оңтүстік пен оңтүстік-батыс аймақтарда су ресурстарына көп қысым түседі, өнімділік төмен болады (Akbaeva et al., 2023).

Ауыл шаруашылығының өсімдік дақылдарының таралуын талдау нәтижелерінен суаруды басқару жақсы дамыған аймақтарда көкөністер мен картоп су пайдаланудың жоғары тиімділігін көрсетті. Астық дақылдары су сыйымдылығының төмендігіне қарамастан, төмен нарықтық құнына байланысты орташа су өнімділігімен сипатталады. Күріш пен мақта суды аз үнемдейтін дақылдар болғандықтан, су тапшылығы бар аймақтарда егістіктерді қайта қарау қажеттілігін көрсетеді (Akbaeva et al., 2023).

Қазақстанда суды пайдалану тиімділігі тұтынылатын су көлемімен ғана анықталамайды. Су ресурстарын басқару сапасы, технологиялық жабдықтау деңгейі, аймақтардың экономикалық мамандануы алынған картографиялық нәтижелерден көрініс тапқан. Тиімділік көрсеткіштерінің кеңістіктік саралануы ауыл шаруашылығының өсімдік дақылдарын оңтайландыру мен суды үнемдеу технологияларын енгізуге негізделген. Аймақтық ерекшеліктерді ескеретін су пайдалану саясатына көшудің қажеттілігі бар. Суды пайдалану тиімділігі картасы проблемалық аймақтарды, ирригациялық инфрақұрылымды жаңғыртудың басым бағыттарын анықтайды. Қазақстанның ауыл шаруашылығын тұрақты дамытудағы басқару шешімдерін негіздеудің аналитикалық құралы.

4. Талдау

Қазақстан Республикасының ауыл шаруашылығы өңірлеріндегі дақылдардың су пайдалану тиімділігіне кешенді бағалау жүргізілді. Жалпы қосылған құн мен су пайдалану көлемін есептеуге арналған әдіснамалық тәсіл қолданылды. ТДМ 6.4.1 талаптарына сәйкес келетін теңге/м³ және АҚШ доллары/м³ түрінде көрсетілген су пайдалану тиімділігінің көрсеткіштері анықталды. Зерттеудің нәтижелері су пайдалану тиімділігінде аймақаралық және дақыларалық айырмашылықтардың болатынын көрсетті. СПТ ең жоғары мәндері еліміздің оңтүстігі мен оңтүстік-шығыс аймақтарындағы жалпы қосылған құны жоғары дақылдарға (картоп, бақша дақылдары, көкөністер, көпжылдық екпелер) тән. Солтүстік пен батыс аймақтарда кең таралған дәнді дақылдар пайдаланылған су бірлігіне шаққандағы төмен экономикалық табысты көрсетеді.

Суды пайдалану тиімділігі тек тұтынылатын су ресурстарының көлемімен емес, ауыл шаруашылығының құрылымымен, өсімдік дақылдарының өнімділігімен, қолданылатын агротехнологиялармен өнімнің нарықтық құнымен анықталады.

Алынған нәтижелер суды пайдалану тиімділігін арттырудың маңызды әлеуетін көрсетеді:

- егістік алқаптарының құрылымын жақсарту;
- су үнемдейтін суару технологияларын қолдану ауқымын кеңейту;
- экономикалық су шығыны жоғары ауыл шаруашылығының өсімдік дақылдарын дамытуға басымдық беру;
- су ресурстарын есепке алу мен басқару жүйесін жетілдіру.

Суды үнемдеудің өңірлік бағдарламаларын әзірлеу, ауыл шаруашылығы саясатын жетілдіру мен ТДМ 6 көрсеткіштеріне қол жеткізу мониторингі зерттеу жұмысының практикалық маңыздылығына жатады. Алдағы зерттеулердің болашағы талдаудың ауқымын кеңейтуді, қашықтықтан зондтау деректерін пайдалануды, климаттық факторларды суды пайдалану тиімділігін бағалау модельдеріне интеграциялауды қамтиды.

5. Қорытынды

Жүргізілген талдаулардың нәтижелері ҚР ауыл шаруашылығы секторы жалпы суды тұтынудың 60 %-дан астамын құрап, республикалық су тұтыну құрылымында жетекші орын алатынын көрсетті. Суды пайдаланудың жағдайы ресурстардың жоғары сыйымдылығымен, магистральдық желілер мен шаруашылық ішілік суару жүйелерінде судың айтарлықтай үлкен ысырабымен сипатталады. Ең қиын шиеленіскен жағдай суармалы дақылдардың басты шаруашылығы шоғырланған еліміздің оңтүстігі мен оңтүстік-шығыс аймақтарында байқалады. Су ресурстарын басқарудың ағымдағы жүйесі технологиялық жаңғырту мен институционалдық реттеуді талап етеді.

Есептеу нәтижелері су пайдалану мен экономикалық тиімділікте аймақаралық және дақыларалық ерекшеліктерді көрсетті. Күріш, мақта, жүгері суды көп көлемде тұтынса, дәнді дақылдар суды азырақ тұтынады. Су пайдаланудың жоғары экономикалық тиімділігі суару жүйелері дамыған өңірлердегі көкөніс, картоп, көпжылдық екпелерде тіркелді. Табиғи-климаттық жағдайларға, егіс алқаптарының құрылымына, ауыл шаруашылығының

технологиялық жабдықталуына байланысты ерекшеліктер байқалды. Су пайдалану мәселесі мемлекеттік саясаттың стратегиялық міндеттеріне жатады. Климаттың өзгеруі, халық санының өсуі, ирригациялық инфрақұрылымның тозуы салдарынан су тапшылығы туындайды (Akhmetov et al., 2022).

Су пайдалану тиімділігінің көрсеткіштерін талдау өңірлердегі ауыл шаруашылығының өсімдік дақылдары пайдаланатын су бірлігіне шаққандағы экономикалық кірісте айырмашылықтар бар екенін көрсетті. Жалпы қосылған құны жоғары дақылдар экстенсивті дақылдарға қарағанда жоғары тиімділік көрсеткіштерін көрсетті. Кей аймақтарды суды пайдаланудың тиімсіз құрылымын көрсететін су тиімділігінің төмен көрсеткіштері тіркелді. Зерттеулердің нәтижелері өңірлік деңгейде су тиімділігін кешенді бағалаудың әдістемелік тәсілінің ғылыми негізділігін растайды.

Су ресурстарын тиімді пайдалану табиғи, климаттық, технологиялық, экономикалық факторлардың жиынтығымен анықталады. Қолданыстағы суару жүйесінің түрі айтарлықтай әсер етеді. Тамшылатып және жаңбырлатып суару технологияларын енгізу су шығынын үлесін азайтып, өнімділікті арттыруға себеп. Маңызды факторларға ауыл шаруашылығының құрылымы, дақылдардың өнімділігі, өнімнің нарықтық құны, суару инфрақұрылымының жағдайы, су ресурстарын басқару деңгейі жатады.

Алынған нәтижелерден ауыл шаруашылығы саласында су ресурстарын басқарудың өңірлік сараланған моделіне көшу қажеттілігі негізделеді. Суды үнемдейтін технологияларды енгізуді арттыру мен егістік алқаптарының құрылымын экономикалық тиімділігі жоғары ауыл шаруашылығының өсімдік дақылдарының пайдасына оңтайландыру еліміздің оңтүстігі мен оңтүстік-шығыс өңірлері үшін басым бағыттардың бірі. Солтүстік өңірлерде қосымша су жүктемелерін азайта отырып, өнімділігі жоғары тәлімдік (богарлы) егін шаруашылығын дамытқан орынды. Жалпы алғанда суды пайдалану тиімділігін арттыру суару инфрақұрылымын жаңғыртуды, суды есепке алу жүйесін жетілдіруді, әрі суды тиімді пайдалану үшін экономикалық ынталандыруды енгізуді талап етеді.

6. Қосымша материалдар: қосымша материалдар жоқ.

7. Авторлық үлестер:

Концептуализация - Л.А., Р.Ш.; әдістемесі - Р.Ш.; бағдарламалық қамтамасыз ету - Р.Ш., Е.Т.; валидация – И.К.; формалды талдау - Ж.У.; зерттеу - Р.Ш.; ресурстар - Р.Ш.; деректерді өңдеу - Ж.Б.; жазу, түпнұсқа жобасын дайындау - Р.Ш., Ж.Б.; жазу - шолу және өңдеу – Л.А., Р.Ш.; визуализация – Л.А.; жетекшілік - Л.А., И.К.; жоба жетекшілігі - Л.А.; Е.К.; қаржыландыру – Л.А.; Р.Ш., Ж.Б., И.К., Е.Т. Барлық авторлар қолжазбаның жарияланған нұсқасымен танысып, келісті.

8. Авторлар туралы мәлімет

Акбаева, Ляйля – б.ғ.к., профессор, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қажымұқан көш., 13, Астана, Қазақстан, 010000; akbaeva_lk@enu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-2192-454X>

Шайхиева, Раушан – магистрант, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қажымұқан көш., 13, Астана, Қазақстан, 010000; raushan.baibosynova@inbox.ru, <https://orcid.org/0009-0002-8773-8982>

Бакешова, Жумабике – PhD, аға оқытушы, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қажымұқан көш., 13, Астана, Қазақстан, 010000; bakeshova_zhu@enu.kz, <https://orcid.org/0000-0003-4983-3073>

Киянбеков, Илес – басқарушы директор, Су қорлары жөніндегі ақпараттық-талдау орталығы, Достық көш., 13/3, Астана, Қазақстан, 010000; ileskiyanbekov@gmail.ru, <https://orcid.org/0009-0000-1824-4474>

Түлегенов, Ердаулет - PhD, қауымдастырылған профессордың м.а., Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Гоголь көш., 114, Алматы, Қазақстан, 050000; tulegenov.e@qyzpu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0003-4586-9642>

9. Қаржыландыру: Зерттеу сыртқы қаржыландыруды алған жоқ.

10. Алғыстар: жоқ

11. Мүдделер мен қақтығыстары: Мүдделер қақтығыстығы жоқ деп мәлімдейміз.

12. Әдебиеттер тізімі

1. Abdullaev, I., & Molden, D. (2004). Spatial and temporal variability of water productivity in the Syr Darya Basin, Central Asia. *Water Resources Research*, 40 (W08S02). <https://doi.org/10.1029/2003WR002364>
2. Adamov, A., Kusainov, Kh., & Yesbergen, R. (2025). Water supply in the agricultural sector of Kazakhstan: Optimization directions (Vodosnabzheniye v agrarnom sektore Kazakhstana: orientir na optimizatsiyu in Russian). *Problems of AgriMarket, (Problemy agrorynka)*, 1, 147–156. <https://doi.org/10.46666/2025-1.2708-9991.13>
3. Ahmad, M. D., Bastiaanssen, W. G. M., & Feddes, R. A. (2005). A new technique to estimate net groundwater use across large irrigated areas by combining remote sensing and water balance approaches: Rechna Doab, Pakistan. *Hydrogeology Journal*, 13(5–6), 653–664. <https://doi.org/10.1007/s10040-004-0394-5>
4. Ahmadi, B., Ahmadalipour, A., Tootle, G., & Moradkhani, H. (2019). Remote Sensing of Water Use Efficiency and Terrestrial Drought Recovery across the Contiguous United States. *Remote Sensing*, 11(6), 731. <https://doi.org/10.3390/rs11060731>
5. Akbayeva, L. Kh., Mukanova, K. A., Abzhalelov, A. B., Kobetaeva, N. K., & Tulegenov, E. A. (2022). Development of technology for growing rice varieties “Aikerim”, “Favorit” and “Yantar” by hydroponics (Razrabotka tekhnologii vyrashchivaniya risa sortov “Aikerim”, “Favorit” i “Yantar” metodom gidroponiki in Russian). *Bulletin of L.N. Gumilyov Eurasian National University. Bioscience Series, (VESTNIK ENU imeni L.N. Gumileva. Seriya Biologicheskoye nauki)*, 138(1), 76–93. <https://doi.org/10.32523/2616-7034-2022-138-1-76-93>
6. Akbayeva, L., Mukanova, K., Beisenova, R., Tazitdinova, R., & Kobetaeva, N. (2023). Environmental impact assessment of rice growing in the Kyzylorda region. *International Journal of Design & Nature and Ecodynamics*, 18(4), 841–847. <https://doi.org/10.18280/ij dne.180410>
7. Akhmetov, K. A., & Kurishbaev, A. K. (2022). Technological aspects of rational use of water resources in the agricultural sector of the Republic of Kazakhstan. *Bulletin of S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University*, 2(113), 34–45. https://kazatu.edu.kz/assets/i/science/vestnik/vestnik_2_113_2022.pdf
8. Chen, Y., Fang, G., Hao, H., & Wang, X. (2022). Water use efficiency data from 2000 to 2019 in measuring progress towards SDGs in Central Asia. *Big Earth Data*, 6(1), 90–102. <https://doi.org/10.1080/20964471.2020.1851891>
9. Condon, A. G., Richards, R. A., Rebetzke, G. J., & Farquhar, G. D. (2004). Breeding for high water-use efficiency. *Journal of Experimental Botany*, 55(407), 2447–2460. <https://doi.org/10.1093/jxb/erh277>
10. Döll, P., & Siebert, S. (2002). Global modeling of irrigation water requirements. *Water Resources Research*, 38(4). <https://doi.org/10.1029/2001WR000355>
11. FAO. (2021). *Irrigation in Central Asia in Figures: AQUASTAT Survey*. Rome: FAO. <https://www.fao.org/documents/card/en/c/cb4354en>
12. Kienzler, K. M., Lamers, J. P. A., McDonald, A., Mirzabaev, A., Ibragimov, N., Egamberdiev, O., Ruzibaev, E., & Akramkhanov, A. (2012). Conservation agriculture in Central Asia-What

- do we know and where do we go from here? *Field Crops Research*, 132, 95–105. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2011.12.008>
13. Lee, S. O., & Jung, Y. (2018). Efficiency of water use and its implications for a water–food nexus in the Aral Sea Basin. *Agricultural Water Management*, 207, 80–90. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.05.014>
14. Maibasova, A., Sembaeva, A., Nurgazy, I., & Ospanbaev, Zh. (2023). Technology of crop cultivation under drip irrigation (Auyl sharuaşylyǵy daqyldařyn tamshylatyp suaru jaǵdaýynda ösirý texnologiyasy in Kazakh). *Science and Education, (Nauka i obrazovaniye)*, 2(3(72)), 152–163. <https://doi.org/10.52578/2305-9397-2023-3-2-152-163>
15. Meymankhozhayev, B., Rau, A., Mukhanbet, E., Kalmashova, A., & Äbdibay, Ä. (2025). Assessment of crop water requirements (Otsenka potrebnosti selskokhozyaystvennykh kultur v vode in Russian). *Izdenister Natigeler*, 4(108), 490–500. <https://doi.org/10.37884/4-2025/50>
16. Ministry of Ecology and Natural Resources of the Republic of Kazakhstan. (2024). Information bulletin on the status of water resources of the Republic of Kazakhstan. <https://www.gov.kz/memleket/entities/water/documents/details/612345?lang=ru>
17. Olzhabayeva, A. O., Shomantayev, A. A., & Baymanov, Zh. N. (2016). Rice irrigation regime on the saline lands of the Kyzylorda irrigation massif. *Agricultural Sciences and Agro-Industrial Complex at the Turn of the Century*. <http://nbilib.library.kz/elib/library.kz/jurnal/Арпаяная-04-16/Olzhabayeva0614.pdf>
18. Peña-Arancibia, J., Ahmad, M.-u.-D., & Yu, Y. (2025). Remote sensing characterisation of cropping systems and their water use to assess irrigation management. *Agricultural Water Management*, 311(5–6), 109374. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2025.109374>
19. Ragettli, S., Kreiner, A., Yakovlev, A., Anarbekov, O., Al-Zu’bi, M., Urazkeldiyev, A., & Siegfried, T. (2025). Unraveling agricultural water use in three Central Asian irrigation oases using remote sensing. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 59, 102414. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2025.102414>
20. Roy, A., Murtugudde, R., Narvekar, P., Sahai, A. K., & Ghosh, S. (2023). Remote sensing and climate services improve irrigation water management at farm scale in Western-Central India. *Science of the Total Environment*, 879, 163003. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163003>
21. Safi, C., Pareeth, S., Yalew, S., Zaag, P. & Mul, M. (2023). Estimating agricultural water productivity using remote sensing derived data. *Modeling Earth Systems and Environment*, 10(1), 1–11. <https://doi.org/10.1007/s40808-023-01841-z>
22. Smanov, A., Atakulov, T., Tagayev, M. (2025). Application of water-saving technologies in arid regions (Qurǵaq aımaq jaǵdayynda su ünemdew texnologualaryn qoldanu in Kazakh). *Science and Education (Ǵylym jáne bilim)*, 3(4(81)), 34–44. <https://doi.org/10.52578/2305-9397-2025-4-3-34-44>
23. Turk, K. G. B., & Alsanad, M. A. (2023). Estimation of water consumption and productivity for wheat using remote sensing and SEBAL model. *Open Agriculture*, 8(1). <https://doi.org/10.1515/opag-2022-0230>
24. Vadez, V., Piloni, R., Grondin, A., Hajjarpoor, A., Belhouchette, H., Brouziyne, Y., Chehbouni, G., Kharrou, M. H., Zitouna-Chebbi, R., Mekki, I., Molénat, J., Jacob, F., & Bossuet, J. (2023). Water use efficiency across scales: From genes to landscapes. *Journal of Experimental Botany*, 74(16), 4770–4788. <https://doi.org/10.1093/jxb/erad052>
25. Wang, X., Chen, Y., Li, Z., Fang, G., & Wang, Y. (2020). Development and utilization of water resources and assessment of water security in Central Asia. *Agricultural Water Management*, 240, 106297. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106297>

Evaluation of water use efficiency in different agricultural crops under the conditions of Kazakhstan.

Lyailya Akbayeva, Raushan Shaikhieva, Zhumabike Bakeshova, Iles Kiyanbekov, Yerdaulet Tulegenov

Abstract. In the article, the authors presented a comprehensive assessment of the economic and physiological efficiency of water use in agriculture of the Republic of Kazakhstan under conditions of increasing water scarcity. The relevance of the study is determined by the high dependence of the country's agricultural sector on irrigation, the transboundary nature of a significant part of water resources, and the persistently low productivity of water use in the regions. The aim of the work is to assess the efficiency of water use for some agricultural crops in the context of the regions of Kazakhstan and to determine directions for increasing the rationality of water resources use. The research methodology is based on the calculation of the water use efficiency indicator (WUE), expressed in tenge and US dollars per cubic meter of water, taking into account the gross value added of production, the share of irrigated land, water consumption norms, and the structure of agricultural production. The results of the analysis revealed significant interregional differentiation of water use efficiency indicators (WUE), as well as a large difference in WUE between various agricultural crops. The highest WUE values are typical for vegetable crops, potatoes, and perennial plantations in the southern and south-eastern regions, where developed irrigation infrastructure and a high market value of products are combined. At the same time, cereal crops demonstrate a relatively low economic return per unit of water used, especially in regions with the predominance of rainfed agriculture. It has been established that water use efficiency is determined not only by the volumes of water withdrawal, but also by the structure of crops, yield levels, applied irrigation technologies, and the condition of infrastructure. The practical significance of the study lies in the possibility of using the obtained results in the development of regionally oriented water-saving policy, optimization of the structure of agricultural production, and monitoring the achievement of SDG indicator 6.4.1. It is concluded that there is a need to transition to a differentiated model of water resources management aimed at increasing the economic return of water use and reducing water pressure under conditions of sustainable development.

Keywords: water use efficiency; irrigation; water conservation, water resources; agriculture; irrigation systems; food security; water balance; water use coefficient.

Оценка эффективности водопользования в различных сельскохозяйственных культурах в условиях Казахстана

Ляйля Акбаева, Раушан Шайхиева, Жумабике Бакешова, Илес Киянбеков, Ердәулет Тулегенов

Аннотация. В статье авторы представили комплексную оценку экономической и физиологической эффективности водопользования в сельском хозяйстве Республики Казахстан в условиях нарастающего дефицита водных ресурсов. Актуальность исследования обусловлена высокой зависимостью аграрного сектора страны от орошения, трансграничным характером значительной части водных ресурсов и сохраняющейся низкой продуктивностью использования воды в регионах. Целью работы является оценка эффективности водопользования для некоторых сельскохозяйственных культур в разрезе областей Казахстана и определения направлений повышения рациональности использования водных ресурсов. Методика исследования основана на расчёте показателя эффективности водопользования (ЭВП), выраженного в тенге и долларах США на кубический метр воды, с учётом валовой добавленной стоимости продукции, доли орошаемых земель, норм водопотребления и структуры сельскохозяйственного производства. Результаты анализа

выявили значительную межрегиональную дифференциацию показателей эффективности водопотребления (ЭВП), а также большую разницу ЭВП между различными сельскохозяйственными культурами. Наиболее высокие значения ЭВП характерны для овощных культур, картофеля и многолетних насаждений в южных и юго-восточных регионах, где сочетаются развитая ирригационная инфраструктура и высокая рыночная стоимость продукции. В то же время зерновые культуры демонстрируют сравнительно низкую экономическую отдачу на единицу использованной воды, особенно в регионах с преобладанием богарного земледелия. Установлено, что эффективность водопользования определяется не только объёмами водозабора, но и структурой посевов, уровнем урожайности, применяемыми технологиями орошения и состоянием инфраструктуры. Практическая значимость исследования заключается в возможности использования полученных результатов при разработке регионально-ориентированной политики водосбережения, оптимизации структуры сельскохозяйственного производства и мониторинге достижения индикатора 6.4.1 ЦУР. Сделан вывод о необходимости перехода к дифференцированной модели управления водными ресурсами, ориентированной на повышение экономической водоотдачи и снижение водной нагрузки в условиях устойчивого развития.

Ключевые слова: эффективность водопользования; ирригация; водосбережение; водные ресурсы; сельское хозяйство; оросительные системы; продовольственная безопасность; водный баланс; коэффициент водопользования.