https://doi.org/10.61308/DWUJ9010

Адаптиране на световното селско стопанство към променящия се климат: пространствени аспекти на предизвикателствата и заплахите

Климент Найденов[*], Димитър Желев, Евгения Сарафова, Антонина Атанасова, Димитър Атанасов, Александър Пейчев
Софийски университет „Св. Климент Охридски“ – София, България
[*]E-mail: naidenov@gea.uni-sofia.bg
[*]https://orcid.org/0000-0002-5599-5303

Резюме: Глобалната селскостопанска система е изправена пред редица предизвикателства, произтичащи от изменението на климата, а това от своя страна води до все по-труден процес на адаптация. Изменението на климата представлява значителна заплаха за селското стопанство в световен мащаб, засягайки добивите на културите, производителността на добитъка и поминъка на фермерите.
В тази статия се разглеждат сложните пространствени измерения на тези предизвикателства и заплахи, като се признава, че въздействието на изменението на климата върху селскостопанските системи далеч не е еднакво по целия свят. От промяната на моделите на валежите и засилването на екстремните метеорологични явления до повишаването на температурите и промяната на вегетационните сезони, селскостопанското производство е изправено пред сложна мрежа от взаимосвързани уязвимости. Въпреки че биофизичните последици от изменението на климата са добре документирани, разбирането и справянето с тези предизвикателства изисква солидна икономическа перспектива. Тази статия изследва предизвикателствата, които изменението на климата поставя пред селското стопанство, и подчертава иновативните решения, които се разработват за справяне с тези проблеми. Социално-икономически фактори, като достъп до ресурси и информация, играят решаваща роля при определяне на способността на селскостопанските производители да се адаптират. Въпреки тези предизвикателства, има множество примери за иновативни и ефективни стратегии за адаптиране, прилагани в световен мащаб, а позовавайки се на опита от различни държави, те могат да бъдат успешно имплементирани. Предложеното изследване има за цел да анализира, обобщи и сравни многостранните въздействия и предизвикателства, породени от изменението на климата върху глобалното селско стопанство, със специфичен фокус върху техните пространствени измерения, както и да изследва ефективни адаптационни практики, прилагани в различни държави.

Ключови думи: климатични промени; адаптация; селско стопанство; политики; стратегии

Adapting global agriculture to a changing climate: spatial aspects of challenges and threats

Kliment Naydenov[*], Dimitar Zhelev, Evgeniya Sarafova, Antonina Atanasova, Dimitar Atanasov, Alexander Peychev
Sofia University „St. Kliment Ohridski“ – Sofia, Bulgaria
[*]E-mail: naidenov@gea.uni-sofia.bg
[*]https://orcid.org/0000-0002-5599-5303

Citation: Naydenov, K., Zhelev, D., Sarafova, E., Atanasova, A., Atanasov, D., Peychev, A. (2025). Adapting global agriculture to a changing climate: spatial aspects of challenges and threats. *Bulgarian Journal of Agricultural Economics and Management,* 70(3) 59-81 (BG).

Abstract: The global agricultural system is facing many challenges arising from climate change, and this, in turn, is making adaptation increasingly difficult. Climate change poses a significant threat to global agriculture, affecting crop yields, livestock productivity, and farmers' livelihoods.
This article examines the complex spatial dimensions of these challenges and threats, recognizing that the impacts of climate change on agricultural systems are far from uniform across the globe. From changing precipitation patterns and increasing extreme weather events to rising temperatures and changing growing seasons, agricultural production faces a complex web of interconnected vulnerabilities. Although the biophysical consequences of climate change are well documented, understanding and addressing these challenges requires a sound economic perspective. This article explores the challenges that climate change poses to agriculture and highlights innovative solutions being developed to address these issues. Socio-economic factors, such as access to resources and information, play a critical role in determining farmers' ability to adapt. Despite these challenges, there are many examples of innovative and effective adaptation strategies being applied globally, and drawing on experiences from different countries, these can be successfully implemented. The proposed study aims to analyze, summarize and compare the multifaceted impacts and challenges posed by climate change on global agriculture, with a specific focus on their spatial dimensions, and to explore effective adaptation practices implemented in different countries.

Keywords: climate change; adaptation; agriculture; policies; strategies

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Изменението на климата породи изключително нестабилни метеорологични модели, включвайки продължителни суши, интензивни валежи и несезонни температурни колебания. Тези промени не само могат да нарушат графика за засаждане и прибиране на реколтата, да намалят добивите на култури, но все по-често в следващите години ще ставаме свидетели на увеличаването на случаите на разпространение на вредители и болести. Например екстремните горещини могат да причинят топлинен стрес в културите и добитъка, което от своя страна да доведе до по-слабо опрашване, забавен растеж, а оттам и по-ниски добиви, вследствие на влошеното качество на хранителните вещества, увеличени разходи за напояване и охлаждане на животните. Това означава, че селскостопанските производители ще имат по-малки печалби и пазарната стойност на продукцията също ще намалява. Прекомерните валежи могат да доведат до наводнения и ерозия на почвата, увреждайки земеделска земя и инфраструктура. Съществуват много примери за предизвикателства при адаптирането на селското стопанство към изменението на климата от различни страни по света.

В Средния запад на САЩ непредсказуемите метеорологични условия, включително неочаквани студове и несезонни температурни колебания, нарушават графиците за засаждане и засегнаха добивите на културите, особено на царевицата и соята. Австралия преживява продължителни суши, които сериозно засягат наличието на вода за селското стопанство (наблюдава се особено при пшеницата и животновъдството). Това налага отглеждането на устойчиви на суша култури и усвояването на нови технологии за пестене на вода. Интензивните мусонни дъждове и произтичащите от тях наводнения в Бангладеш доведоха до значителни щети на реколтата и ерозия на почвата. Честите наводнения нарушават и отглеждането на ориз, който е основна хранителна култура в страната. От друга страна, горещите вълни в Индия са станали по-чести и интензивни, особено в северните райони. Екстремните топлини водят до намалени добиви при основни култури като пшеница и повишен стрес върху добитъка, което оказва влияние върху производството на млечни продукти и месо. Променящият се климат е допринесъл за разпространението на вредители като есенния червей, който е опустошил царевичните култури в Кения. По-високите температури и непостоянните валежи създават благоприятни условия за тези вредители, предизвиквайки традиционните практики за управление на вредителите. Във Филипините, тайфуните и силните валежи често увреждат селскостопанската инфраструктура като пътища и напоителни системи. Това не само нарушава селскостопанските дейности, но и възпрепятства транспортирането на стоки, засягайки веригите за доставка на храни. Южна Африка е изправена пред остър недостиг на вода, влошен от изменението на климата. Ограниченото наличие на вода засяга зависещите от напояване култури като грозде (за вино) и цитрусови плодове, и налага промени в селекцията на култури и земеделски практики. Производителите на кафе в Никарагуа са изправени пред икономически предизвикателства поради променящите се метеорологични условия, засягащи производството на кафе, основна експортна култура. Това доведе до икономическа нестабилност и миграция, тъй като фермерите търсят алтернативни средства за препитание.

Европа също е изправена пред нарастващите заплахи и предизвикателства, породени от променящия се климат. В региони като Андалусия (Испания) деградацията на почвата се ускорява от повишените температури и намалените валежи. Загубата на органична материя в почвата и увеличеното засоляване застрашават производството на маслини и зеленчуци. Същевременно традиционните региони в Италия за производство на вино преживяват промени в климата, които влияят върху жизнеспособността на определени сортове грозде. По-високите температури принуждават лозарите да се адаптират чрез смяна на сортовете грозде или преместването на лозята на по-висока надморска височина. Тези примери илюстрират разнообразните предизвикателства, пред които са изправени различните страни при адаптирането на селското стопанство към въздействието на изменението на климата, подчертавайки необходимостта от специфични за конкретния регион стратегии и иновативни практики.

2. МЕТОДОЛОГИЯ

Методологията на това проучване е предназначена за цялостен анализ на многостранните въздействия на изменението на климата върху глобалното селско стопанство (Cui, 2020).

За целите на настоящата статия е приложен подход на систематичен преглед на наличната научна литература по темата, с цел да бъдат идентифицирани и анализирани съществуващите знания относно въздействието на изменението на климата върху световното селско стопанство. Акцент е поставен върху пространствените аспекти на ключовите предизвикателства като промени в жизнеспособността на културите, недостиг на вода, деградация на почвата и честотата на екстремните метеорологични явления. Източниците включват рецензирани статии в списания, доклади от международни организации (напр. IPCC, FAO) и правителствени публикации. Прегледът също така подчертава документирани стратегии за адаптиране и иновации в различни региони. Източниците на данни са получени от глобални и национални бази данни, вкл. данните за температурата и валежите, получени от докладите на Световната метеорологична организация (СМО) и Междуправителствения панел по изменение на климата (IPCC). Статистическите данни за добива на културите, използването на вода и индикаторите за качество на почвата са получени от Организацията по прехрана и земеделие (FAO) и съответните национални отдели по земеделие.

За постигането на целта е използван метод на сравнителен анализ на казуси. Методът се основава на наблюдение и анализ на вече приложени или прилагани в момента практики за справяне с климатичните промени в селското стопанство. Казусите са избрани въз основа на пространственото разнообразие, наличието на значително въздействие на климата върху селското стопанство и наличието на документирани адаптивни практики. Регионите, включени в проучването, варират от сухи зони, където недостигът на вода е критичен проблем, до тропически райони, изправени пред повишен натиск от вредители и болести (Feng et al., 2017). Анализът има за цел да идентифицира успешни стратегии за адаптиране, бариери пред прилагането и възможности за мащабиране на иновативни решения.

Анализ на съдържанието е приложен към доклади, публикации и интервюта, за да бъдат идентифицирани повтарящи се теми, ключови предизвикателства и успешни стратегии, свързани с адаптацията в различни държави.

3. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЯ

Едно от най-значимите предизвикателства при адаптирането на селското стопанство към изменението на климата е нарастващата честота и интензивност на променящите се метеорологични модели и екстремни явления. Тези явления имат дълбоки и често опустошителни въздействия върху селскостопанските системи, засягайки добивите, здравето на добитъка и поминъка на фермерите. Изменението на климата се очертава като значителна заплаха за глобалната продоволствена сигурност, като селското стопанство е един от най-уязвимите сектори. Променящите се метеорологични модели, включително увеличената честота и интензивност на екстремните метеорологични явления, поставят значителни предизвикателства за фермерите и земеделските общности по света. (Bantilan, S. C. M. and Mohan, G., 2014; Gangopadhyay, P. et al., 2019; Kim, I. et al., 2017; Feng, X. et al., 2017). Тези предизвикателства са особено остри в развиващите се страни, където дребномащабното селско стопанство, захранвано от валежи, е гръбнакът на поминъка в селските райони и производството на храни.

Традиционната предсказуемост на метеорологичните модели, на която фермерите разчитат за планиране на графици за засаждане и прибиране на реколтата, става все по-несигурна поради изменението на климата. Тази непредвидимост затруднява селскостопанските производители да вземат информирани решения за това кога да сеят и прибират реколтата, което създава условия, водещи до ненавременни селскостопански дейности. Например неочакваните студове увреждат младите растения, докато необичайно топлите периоди насърчават преждевременен растеж, който може да бъде уязвим на по-късни студове.

Едно от ключовите въздействия на изменението на климата върху селското стопанство е влиянието върху добивите. Повишаването на температурите и колебанията в моделите на валежите влияят отрицателно върху производителността както на културите, разчитащи на естествено дъждовно напояване, така и на изкуствено напояваните култури (Kim, I. et al., 2017). Това причинява по-ниски добиви, застрашавайки продоволствената сигурност и поминъка на фермерите. Освен това, появата на вредители и болести, често изострени от климатичните промени, застрашава селскостопанското производство (Viswanathan, K. P., Kavya, K. and Bahinipati, S. C., 2020). Сушите стават все по-чести и тежки в много части на света, водени от промените в моделите на валежите и по-високите температури. Продължителните периоди на слаби валежи намаляват влажността на почвата и наличието на вода за напояване, излагайки на стрес културите и намалявайки добивите. Условията на засушаване засягат и добитъка, ограничавайки достъпа до вода и намалявайки наличието на фураж. В региони, където селското стопанство разчита в голяма степен на дъждовни води, сушите водят до пълен провал на реколтата и застрашат продоволствената сигурност.

Докато някои региони са изправени пред повишена суша, други изпитват по-интензивни и чести валежи. Обилните валежи причиняват наводнения, които унищожат посевите, ерозират почвата и повреждат селскостопанската инфраструктура като напоителни системи и съоръжения за съхранение. Наводненията от своя страна отмиват жизненоважния горен слой на почвата, което води до дългосрочен спад на плодородието й. Освен това, стоящата вода от наводненията създава места за размножаване на вредители и болести, което допълнително застрашава здравето на културите.

Повишаването на глобалните температури е причина и за по-чести и интензивни горещи вълни. Високите температури причиняват топлинен стрес в културите, което намалява темповете на растеж, причинява по-ниски добиви и в много случаи причинява загуба на реколта. Топлинният стрес засяга и добитъка, като намалява приема на храна, растежа и репродуктивната производителност, в крайни случаи може да доведе до смъртност при животните. Освен това, продължителната топлина изостря проблемите с недостига на вода, увеличавайки търсенето за напояване в райони, където вече силно се усеща недостигът на вода.

Променящите се модели на времето и екстремните явления водят до разпространение и размножаване на вредители и болести. По-високите температури и повишената влажност създават благоприятни условия за разпространение на вредители, като насекоми, болести по растенията, като гъбички и бактерии. Например разпространението на есенния червей, вредител, който процъфтява в по-топъл климат, е свързано с повишаването на температурите и е довело до унищожаване на царевичните култури в много региони. Повишеният натиск от вредители и болести налага по-голяма употреба на пестициди, повишавайки производствените разходи и потенциално оказвайки влияние върху околната среда и човешкото здраве.

Екстремните метеорологични явления засягат селскостопанската инфраструктура, включително пътища, мостове и складови съоръжения, прекъсвайки веригите за доставки и достъпа до пазари. Това увреждане на инфраструктурата пречи на транспортирането на стоки, което води до загуби след прибиране на реколтата и по-ниски печалби за фермерите. Освен това управлението на един жизненоважен ресурс, какъвто е водата, става по-голямо предизвикателство, тъй като променящите се модели на времето променят наличието и разпределението му.

В отговор на тези предизвикателства все повече се акцентира върху възприемането на интелигентни спрямо климата земеделски практики и технологии. Тези подходи имат за цел да ръководят трансформацията и преориентирането на селскостопанските системи за ефективна подкрепа на развитието и продоволствената сигурност в лицето на променящия се климат. Това може да включва използването на устойчиви на суша сортове култури, подобрени стратегии за управление на водите и диверсификация на селскостопанското производство за повишаване на устойчивостта.

В същото време разбирането на мотивите и стратегиите за адаптиране, използвани от самите фермери, е от решаващо значение за информиране на политиките и програмните интервенции. Земеделските производители отдавна се адаптират към климатичната променливост чрез набор от стратегии, като коригиране на датите на засаждане, приемане на нови сортове култури и разнообразяване на източниците на печалби. Укрепването на съществуващия капацитет за адаптиране и подкрепата на производителите в усилията им да се справят с изменението на климата може да бъде ефективен начин за повишаване на устойчивостта на селското стопанство.

Литературата, относно адаптирането към изменението на климата в селското стопанство, подчертава значението на приспособяването на интервенциите към специфичния контекст и нуждите на земеделските общности. (Mardiyati, S., Natsir, M. and Nailah, N., 2021; Ozor, N., 2011). Фактори като социално-икономически статус, достъп до информация и ресурси, местна биофизична среда играят значителна роля при оформянето на стратегиите за адаптиране, използвани от фермерите. Следователно политици, учени и практици в областта на земеделието трябва да работят в тясно сътрудничество със земеделските стопани, за да разберат техните уникални предизвикателства и приоритети, и да разработят съвместно подходящи и специфични за контекста решения за адаптиране.

В практиката могат да бъдат видени много различни решения, които допринасят за по-успешното адаптиране на земеделските практики към изменението на климата. В следващите редове ще бъдат разгледани примери за влиянието на климатичните промени върху селскостопанския сектор и възможни стратегии за адаптация.

3.1. Влияние на водния дефицит в селскостопанския сектор и стратегии за адаптация към климатичните промени

Един такъв пример е от САЩ. Не случайно там винаги съществува повишена честота на случаите на торнадо и непредсказуемо време. Средният запад, известен като „Царевичния пояс", се сблъсква с по-чести и тежки торнада, заедно с непредсказуемо пролетно и лятно време. Тези събития нарушават графиците за засаждане на царевица и соя и водят до загуби на реколта поради градушки и силни ветрове. Австралия (Куинсланд и Нов Южен Уелс) от своя страна преживява тежки суши, последвани от интензивни валежи, които причиняват наводнения. Тези екстремни климатични условия засягат сериозно отглеждането на говеда и овце, както и отглеждането на култури като пшеница и ечемик, което води до недостиг на вода и ерозия на почвата. Махаращра, ключов регион в Индия за култури като памук и захарна тръстика, периодично преживява несезонни дъждове и екстремни горещи вълни. Това води до провал на реколтата и намалени добиви, нарушавайки селскостопанския цикъл и оказвайки влияние върху поминъка на милиони фермери.

Микроклиматичните промени, предизвикани от обезлесяването, и нередовните валежи се наблюдават в Бразилия и по-точно в Амазонка и югоизточните региони. Тези процеси променят местните метеорологични модели, което води до намалени валежи в югоизточната част, а това е жизненоважен район за производството на кафе и соя. Тези промени причиняват суши и недостиг на вода, засягайки добивите и наличието на вода за напояване. Във Филипините (островните групи Лусон и Висаи) зачестяват все по-честите случаи на мощни тайфуни (повече от 20 на година), като тайфуна Хайян през 2013 г., който опустоши селскостопанския сектор. Бурите унищожават редица култури, особено оризовите и кокосовите насаждения, заедно със значителните загуби на добитък. Друг такъв пример са източните и северни региони на Кения, които претърпяват промени в моделите на валежите, водещи до продължителни суши в източните и северните региони. Това се отразява критично на производството на царевица и кафе, като сушите водят до недостиг на храна, а това от своя страна води до повишаване на цените на храните. Андалусия, основен регион на Испания за производство на маслини и зеленчуци, е изправена пред все по-чести случаи на горещи вълни и продължителни суши. Тези екстремни климатични явления намаляват наличието на вода за напояване, оказвайки влияние върху качеството и количеството на селскостопанската продукция. През последните години канадските прерии, които са от съществено значение за производството на пшеница и рапица, са изправени пред непредсказуеми температурни промени и ранни слани. Това причинява унищожаване на реколтата и намалени добиви, както и промени в графика за засаждане и прибиране на реколтата. Селското стопанство в многолюдните държави Бангладеш и Индия, особено отглеждането на ориз и юта, е силно засегнато от чести циклони, като циклона Амфан през 2020 г. Произтичащите бури и наводнения увреждат посевите, а навлизането на сол влияе върху плодородието на почвата, така щетите по инфраструктурата нарушават селскостопанските дейности. Северна Италия, известна със своите лозя и овощни градини, е изправена пред неравномерни модели на валежи и повишени температури, което засяга производството на грозде и плодове. Тези промени нарушават деликатния баланс, необходим за производството на висококачествено вино и плодове, оказвайки влияние както върху количеството, така и върху качеството. Тези примери демонстрират разнообразните начини, по които променящите се метеорологични модели и екстремни събития влияят върху селскостопанските системи по целия свят, изисквайки адаптивни мерки и иновативни решения, съобразени със специфичните регионални условия.

Изменението на климата води до нарастваща несигурност във водните ресурси чрез промени в моделите на валежите, което представлява значителна заплаха за селскостопанската производителност и продоволствената сигурност в глобален мащаб (Bantilan, S. C. M. and Mohan, G., 2014 г.; Patle et al., 2019; Orimoloye et al., 2021). Докато светът се бори с неотложното предизвикателство на изменението на климата, селскостопанският сектор е изправен пред критично предизвикателство да се адаптира към променящия се климат, за да гарантира продоволствена сигурност и устойчивост. Справянето с този проблем изисква многостранен подход, който използва иновативни технологии, базирани на екосистеми решения и интегрирани стратегии за управление на водата.

В много региони намаляващите валежи и прекомерното извличане на подземни води водят до недостиг на вода, което прави напояването все по-трудно. Този недостиг застрашава не само производството на култури, но и качеството на продукцията, тъй като водният стрес може да намали усвояването на хранителни вещества и качеството на реколтата. Недостигът на вода е едно от най-критичните предизвикателства при адаптирането на земеделието към изменението на климата. Тъй като глобалните температури се повишават и моделите на валежите се променят, много региони изпитват недостиг на вода, което има сериозни последици за селскостопанската производителност, продоволствената сигурност и устойчивостта на земеделските практики.

Климатичните промени нарушават хидроложкия цикъл, характеризиращ се с изменения в режимите на валежите и редуциране на снеговалежната покривка в много региони. Тези процеси водят до спад в обема на повърхностните води (реки, езера) и ограничаване на акумулацията на подземни води, които са ключови за напоителното земеделие. Особено уязвими са териториите, зависими от сезонното снеготопене, където повишените температури предизвикват преждевременно и интензивно топене, обуславяйки дефицит на водни ресурси през критичните фази на вегетация.

Тъй като температурите се повишават, културите се нуждаят от повече напояване, за да се справят с повишените нива на изпарение. Така търсенето на вода е изключително изострено в сухи и полусухи региони, където естествените валежи са в малки количества, за да задоволят нуждите от вода за селското стопанство. Повишените нужди от напояване и за поддържане на добивите поставя допълнителен натиск върху вече ограничените водни ресурси. Нещо повече, прилагането на неефективни напоителни практики води до значителни загуби на вода чрез изпаряване и оттичане, което изчерпва наличните водни запаси.

Водният дефицит засилва конкуренцията между различните потребители на вода, включително селското стопанство, промишлеността и домашните нужди. С нарастването на градското население и разширяването на промишлените дейности търсенето на вода се увеличава, често за сметка на използването на вода в селското стопанство. Повишеното потребление на вода при различните групи потребители води до по-високи разходи за вода и конфликти относно правата, особено в региони, където водните ресурси вече са оскъдни.

Изменението на климата причинява и влошаване на качеството на водата, което допълнително изостря проблема с водния дефицит. Повишените температури и измененията в режимите на валежите благоприятстват акумулирането на по-високи концентрации на замърсители във водните екосистеми, например торове и пестициди, произтичащи от селскостопанския отток. Освен това, намаленият воден поток влошава солеността на източниците на сладка вода, което прави водата неподходяща за напояване и оказва отрицателно въздействие върху растежа на културите и здравето на почвата.

Недостигът на вода има негативно въздействие върху добивите на културите, тъй като недостатъчното водоснабдяване причинява редуциран растеж на растенията, по-ниски добиви и дори загуба на реколта. Някои култури, особено водоемките като ориз и захарна тръстика, са особено уязвими при недостиг на вода. Този спад в селскостопанската производителност застрашава продоволствената сигурност, особено в региони, където селското стопанство е основният източник на препитание и икономическа дейност. На свой ред, намалените добиви са причина и за по-високите цени на храните, които са непосилни за уязвимите групи от населението.

В различни страни по света съществуват редица предизвикателства и заплахи, причинени от водния дефицит и въздействието му върху селското стопанство. В житните региони на Индия като Пенджаб и Раджастан практиките за интензивно напояване са довели до сериозно изчерпване на подпочвените води. Този недостиг на вода застрашава производството на основни култури като пшеница и ориз, принуждавайки фермерите да преминат към по-малко водно-интензивни култури или по-ефективни техники за напояване. Басейнът на Мъри-Дарлинг в Австралия, критичен район за селското стопанство, е изправен пред тежки засушавания, намаляващи речния поток и водещи до конфликти относно използването на вода сред фермери, индустрии и градски райони. Това се отразява особено на отглеждането на водно-интензивни култури като памук и ориз. Югоизточна Испания, известна със своите маслинови и цитрусови градини, е изправена пред хроничен воден недостиг поради ограниченото количество на валежи и прекомерното извличане на водоносните хоризонти. Водният дефицит налага ограничения върху използването на вода, което се отразява на добивите на културите, и подтиква към преминаване към по-устойчиви на суша култури. Регионът на Западен Кейп, включително селскостопанският център Кейптаун, е преживял тежки суши, водещи до критично ниски нива в резервоарите. Това значително повлиява на производството на грозде (за вино), плодове и зеленчуци и налага строги ограничения за водоползването. Централните и северни части на Мексико са изправени пред значителен недостиг на вода поради прекомерното напояване и нарастващо търсене в градовете. Ключови култури като царевица и боб са застрашени, което повишава нуждите от ефективни практики за управление на водата и използването на устойчиви на суша сортове култури. Една държава като Египет силно разчита на р. Нил за напояване, особено в плодородния район на делтата на Нил. С нарастващото използване на вода в горното течение от държави като Етиопия и Судан, съчетано с високите нива на изпарение, недостигът на вода се превръща в критичен проблем, застрашаващ отглеждането на основни култури като ориз и пшеница. Пример за държава със сериозно ограничени водни ресурси е Саудитска Арабия, която има изключително ограничени водни ресурси и разчита в голяма степен на изкопаеми подземни води и обезсоляване. Водният дефицит там упражнява съществено въздействие върху аграрния сектор, което води до преориентиране към високостойностни култури и стимулира значителни инвестиции в съвременни иригационни технологии и практики за водна консервация. Севернокитайската равнина, ключов селскостопански регион, е изправена пред сериозен недостиг на вода, причинен от интензивната експлоатация на подземни води за селското стопанство. Това от своя страна причинява понижаване на нивото на водните маси, заплашвайки производството на пшеница и царевица. Аналогично е положението и в Калифорния, важен селскостопански щат, периодично с воден дефицит, причинен от засушаване и прекомерна експлоатация на вода за селското стопанство. Недостигът засяга особено отглеждането на водоемки култури като бадеми, шамфъстък, различни плодове и зеленчуци. Фермерите се ориентират към по-устойчиви на суша култури или инвестират в съвременни технологии за спестяване на вода, за да поддържат нивата на производство.

Пустинята Негев в Израел е изправена пред сериозен недостиг на вода поради сухия си климат и ограничените ресурси на прясна вода. В отговор на тези предизвикателства, страната е пионер в ефективни техники за управление на водните ресурси, включително капково напояване, повторно използване на отпадъчни води и обезсоляване, за да подпомогне своето селско стопанство, особено в пустинята Негев, където се отглеждат култури като домати и чушки. Всички тези примери показват разнообразните предизвикателства, свързани с водния дефицит в глобален мащаб, което налага разработването и прила-

Таблица. 1. Мерки за справяне с водния дефицит в селскостопанския сектор, причинен от климатичните промени
Table 1. Measures to address water scarcity in the agricultural sector caused by climate change

Мярка/Measure	**Описание/Description**
Ефективни технологии за напояване/Efficient irrigation technologies	Приемането на ефективни методи за напояване, като капково и спринклерно напояване, може значително да намали използването на вода чрез доставянето ѝ директно до корените на растенията и минимизиране на загубите. Тези технологии са особено критични в региони с недостиг на вода./The adoption of efficient irrigation methods, such as drip and sprinkler irrigation, can significantly reduce water use by delivering water directly to plant roots and minimizing losses. These technologies are particularly critical in water-stressed regions.
Практики за пестене на вода/ Water-saving practices	Практики като консервираща обработка на почвата, мулчиране и използване на покривни култури могат да подобрят задържането на почвената влага, да намалят изпарението и да подобрят ефективността на използването на водата в селското стопанство./Practices such as conservation tillage, mulching, and the use of cover crops can improve soil moisture retention, reduce evaporation, and enhance water use efficiency in agriculture.
Диверсификация на културите/Crop diversification	Отглеждането на устойчиви на суша и по-малко водоемки култури може да помогне на фермерите да се адаптират към недостига на вода. Развъждането и генетично модифицирането на култури за подобряване на тяхната устойчивост на суша и ефективност при използване на водата също са обещаващи стратегии./ Growing drought-resistant and less water-intensive crops can help farmers adapt to water scarcity. Breeding and genetically modifying crops to improve their drought tolerance and water use efficiency are also promising strategies.
Управление на водите/Water management	Ефективните политики и разпоредби за управление на водите са от съществено значение за гарантиране на справедливо разпределение и устойчиво използване на водните ресурси. Това включва прилагането на механизми за ценообразуване на водата, разпределението на правата за вода и насърчаването на подходите за интегрирано управление на водните ресурси (ИУВР)./Effective water management policies and regulations are essential to ensure equitable distribution and sustainable use of water resources. This includes the implementation of water pricing mechanisms, allocation of water rights, and the promotion of integrated water resources management (IWRM) approaches.
Инвестиции в инфраструктура/Investments in infrastructure	Инвестирането в инфраструктура за ефективно улавяне, съхранение и разпределение на вода, като резервоари, канали и тръбопроводи, може да помогне за по-доброто управление на водните ресурси и да осигури надеждно водоснабдяване за селското стопанство./Investing in infrastructure for the efficient capture, storage, and distribution n of water, such as reservoirs, canals, and pipelines, can help improve water resource management and ensure a reliable water supply for agriculture.

Източник/Source: Собствено проучване./Author's research.

гането на иновативни стратегии за управление на водните ресурси и адаптивни мерки в селскостопанския сектор за гарантиране на устойчивост.

Справянето с предизвикателствата за недостига на вода в селското стопанство изисква многостранен подход, който включва разнообразни мерки и стратегии, разгледани в табл. 1.

3.2. Влияние на деградацията на почвите върху селскостопанския сектор и стратегии за адаптация към климатичните промени

Променливите модели на валежите, екстремните метеорологични явления и продължителните засушавания, причинени от изменението на климата, оказват изключително силно въздействие върху увеличаващото се производство на храни и опитите за ограничаване на екологичните щети (Buda, R, A. et al., 2015). В този контекст разумното използване на водните ресурси в селското стопанство чрез климатично интелигентни водни технологии е от решаващо значение (Patle et al., 2019). Интегрираният подход към управлението на водите в селското стопанство, включващ практики като събиране на вода, микронапояване и земеделие с опазване на ресурсите, може да подобри ефективността на водоползването и да гарантира устойчивото използване на този критичен ресурс (Patle et al., 2019; Neupane and Guo, 2019). Всеобхватните инструменти за подпомагане на вземането на решения са от съществено значение за насочване на фермерите и политиците за оптималното използване на водата за напояване през различните етапи на растеж на културите, като се вземат предвид регионалните климатични условия и системите за отглеждане на култури (Neupane and Guo, 2019). Предвид взаимосвързания характер на глобалните водни предизвикателства, решенията, които едновременно отговарят на нуждите на селското стопанство, питейната вода и сладководните екосистеми, са от ключово значение (Rohde et al., 2019). За балансиране на конкуриращите се нужди от вода е нужна промяна в парадигмата на политиката и вземането на решения, която да премине от изолирани към интегрирани стратегии с множество ползи.

С непрекъснато нарастващото глобално население необходимостта от получаване на по-високи добиви на зърно от единица площ става все по-належаща. Тази интензивна експлоатация обаче води до тревожни нива на деградация на почвата. Едновременно с това двойният натиск на продоволствената криза и глобалното затопляне засилват неотложността да се увеличи улавянето на органичен въглерод в земеделските почви, като същевременно се гарантират добивите на културите (Shah et al., 2021; Turebayeva et al., 2022; Lal, 2019).

Качеството на почвата е ключов фактор за устойчивото земеделие, но изменението на климата води до деградация на почвата чрез ерозия, загуба на органична материя и засоляване. Повишаването на количеството валежите отмива горния слой на почвата, докато по-високите температури ускоряват разлагането на органичните вещества в почвата, намалявайки плодородието ѝ. Освен това, покачващите се нива на океана и прекомерното потребление на вода в сухите райони причиняват по-висока соленост на почвата, правейки земята неплодородна. Деградацията на почвата е критично предизвикателство в процеса на адаптиране на селското стопанство към изменението на климата, което оказва значително влияние върху качеството ѝ, производителността на културите и устойчивостта на селскостопанските практики. Тъй като климатичните промени се ускоряват, последиците от тях изострят процесите на деградация на почвата, създавайки заплахи за продоволствената сигурност и околната среда. Допълнително климатичните изменения, причинени от по-чести и интензивни валежи, надвишават способностите на почвите да се справят с абсорбирането на водата, което причинява по-голям повърхностен поток и по-силна почвена ерозия. По-силната почвена ерозия нарушава способностите на почвите да поддържат добра среда за развитие на растенията и културите, от една страна, а от друга – водят и до създаване на дерета, намалявайки земеделския потенциал.

Ветровата ерозия, чиято интензивност се изостря от ускорените процеси на засушаване и промените в земното покритие, има способността да отстрани фините почвени частици, което води до прашни бури и почвена деградация.

Органичната материя в почвата (ОМП) е от решаващо значение за поддържането на почвеното плодородие, задържането на вода и цялостното качество на почвата. Изменението на климата ускорява разграждането на ОМП поради по-високите температури и променената микробна активност. Докато ОМП се разлага, тя отделя въглероден диоксид в атмосферата, което допринася за увеличаване на емисиите на парникови газове. Намаляването на ОМП също причинява и по-лоша структура на почвата, намалена наличност на хранителни вещества и намален капацитет за задържане на водата, което ги прави по-податливи на суша и ерозия.

Друго предизвикателство, което се ускорява от влиянието на климатичните промени, е свързано със засоляването на почвите. Така в крайбрежните региони повишаването на морското равнище и навлизането на морска вода води до повишена соленост на почвата. В сухи и полусухи райони неправилните напоителни практики, като прекомерно напояване и лош дренаж, причиняват натрупване на соли в почвите. Засоляването намалява добивите, като възпрепятства развитието и растежа на растенията, като уврежда растителните тъкани, което в крайна сметка води до това, че земята става неподходяща за земеделско производство.

Обилните валежи и използването на тежки машини в селското стопанство създават предпоставки за уплътняване на почвата. Уплътнената почва има намалена порьозност, което ограничава инфилтрацията на вода, възпрепятства растежа и развитието на кореновата система. Това създава стресова среда за растенията, тъй като има предпоставки за преовлажняване през по-влажни периоди, докато в по-сухи периоди уплътнените почви ограничават водозадържащата си способност.

Изменението на климата променя биогеохимичните цикли на елементите, което води до дисбаланс на хранителните вещества в почвата. Повишените температури и промените в моделите на валежите нарушават баланса на хранителните вещества, които са необходими за растенията. По-интензивните валежи водят до загуба на ценни хранителни вещества като азот и фосфор от почвата, докато продължителните сухи периоди ограничават тяхната мобилност и съответно правят трудно усвояването им от растенията. В резултат на това се намалява плодородието на почвите, което води до загуби на реколта.

Многобройни казуси от различни държави илюстрират проблема с деградацията на почвата и нейното въздействие върху селското стопанство. Един показателен случай е Андхра Прадеш, Индия, където интензивните селскостопански практики са довели до значителна ерозия на почвата и изчерпване на хранителни вещества. Прекомерната употреба на химически торове е влошила качеството на почвата, засягайки производството на култури като ориз и фъстъци.

Голямото льосово плато в Китай, някога плодородна област, е изключително засегнато от тежка почвена ерозия поради обезлесяване и прекомерна паша. Загубата на горния почвен слой и органичната материя драстично е намалило селскостопанската производителност, което е довело до мащабни проекти за възстановяване на почвата.

В басейна на Амазонка обезлесяването, породено от експанзията на селското стопанство и развитието на животновъдния отрасъл е основен фактор за почвената деградация. Премахването на горската покривка води до уплътняване на почвата, ерозия и загуба на плодородие, което прави земята по-малко подходяща за устойчиво земеделско използване.

Андалусия е изправена пред проблеми със засоляването на почвата поради прекомерно напояване и лош дренаж. В комбинация с ерозията на почвата тези фактори влошават качеството на земята, засягайки отглеждането на маслини и лозя, които са от решаващо значение за икономиката на региона.

В сухите и полусухите райони на Кения прекомерната паша и обезлесяването ускоряват процесите на опустиняване. Влошаването на качеството на почвата намалява земеделския потенциал на земята, засягайки култури (като царевица и боб), и застрашава продоволствената сигурност. Повишаващите се температури и променящите се модели на валежите оказват влияние върху районите за отглеждане на кафе в страната, намалявайки качеството и добива на кафе арабика, което предпочита по-хладен климат. Производителите експериментират с топлоустойчиви сортове и диверсифицират към други култури като макадамия.

Таблица 2. Мерки за справяне с деградацията на почвите в селскостопанския сектор, причинена от климатичните промени
Table 2. Measures to address soil degradation in the agricultural sector caused by climate change

Мярка/Measure	Описание/Description
Консервационно земеделие/ Conservation agriculture	Практики като минимална обработка на почвата, ротация на културите и покривни култури помагат за поддържане на структурата на почвата, намаляване на ерозията и увеличаване на органичната материя в почвата. Тези практики също насърчават биоразнообразието и подобряват устойчивостта на почвата към въздействието на изменението на климата./Practices such as minimal tillage, crop rotation, and cover crops help maintain soil structure, reduce erosion, and increase organic matter in the soil. These practices also promote biodiversity and improve soil resilience to the impacts of climate change.
Мерки за контрол на ерозията на почвата/Soil erosion control measures	Прилагането на физически бариери като контурна оран, терасиране и използването на растителни буфери може да намали ерозията на почвата чрез забавяне на водния отток и стабилизиране на почвата./The application of physical barriers such as contour ploughing, terracing and the use of plant buffers can reduce soil erosion by slowing water runoff and stabilizing the soil.
Управление на солеността/ Salinity Management	Подобряването на практиките за напояване чрез приемане на техники като капково напояване, използване на устойчиви на сол сортове култури и прилагане на подходящи дренажни системи може да помогне за управление на солеността на почвата. В крайбрежните райони изграждането на бариери за предотвратяване на проникването на морска вода и наблюдението на нивата на соленост на почвата са от решаващо значение./Improving irrigation practices by adopting techniques such as drip irrigation, using salt-tolerant crop varieties, and implementing appropriate drainage systems can help manage soil salinity. In coastal areas, building barriers to prevent seawater intrusion and monitoring soil salinity levels are crucial.
Управление на органичните вещества/Organic matter management	Подобряването на органичните вещества в почвата чрез добавяне на компост, оборски тор и зелени торове може да подобри плодородието на почвата, задържането на вода и микробната активност. Това също помага за отделянето на въглерода, смекчавайки въздействието от изменението на климата./Improving soil organic matter by adding compost, manure, and green manure can improve soil fertility, water retention, and microbial activity. This also helps to sequester carbon, mitigating the impact of climate change.
Интегрирано управление на хранителните вещества/ Integrated nutrient management	Балансирането на вложените хранителни вещества с нуждите на културите и оптимизирането на използването на торове може да предотврати изчерпването на хранителните вещества и замърсяването. Техниките за прецизно земеделие, като тестване на почвата и прилагане с променлива норма, могат да приспособят управлението на хранителните вещества към специфични полеви условия./ Balancing nutrients input with crop needs and optimising fertiliser use can prevent nutrient depletion and contamination. Precision farming techniques, such as soil testing and variable rate application, can tailor nutrient management to specific field conditions.

Източник/Source: Собствено проучване./Author's research.

Западна Австралия е изпитала и продължава да изпитва значителни проблеми с деградацията на почвата, включително подкисляване и засоляване. Тези проблеми са особено разпространени в районите за отглеждане на пшеница, където интензивните земеделски практики и неправилното управление на земята са довели до влошаване на качеството и продуктивността на почвата.

Регионът Тиграй в Етиопия е изправен пред критична почвена ерозия поради обезлесяване и неустойчиви земеделски практики. Загубата на плодороден горен почвен слой значително редуцира селскостопанската продуктивност на региона, което налага усилия за опазване и възстановяване на почвата.

Долината на река По, основна земеделска област в Италия, страда от почвено уплътняване поради интензивното механизирано земеделие. Прекомерната употреба на химикали също е довела до загуба на органична материя в почвата, което се отразява на добивите зърнени култури и зеленчуци в региона.

Справянето с почвената деградация изисква имплементирането на интегрирани подходи за управление и консервация на почвените ресурси, включващи комплексни мерки (табл. 2).

За постигане на целите за екологосъобразно управление на културите, устойчиво управление на почвата, оценка на деградацията и възстановяването на земята, очертани в Целите за устойчиво развитие, трябва да се идентифицират иновативни селскостопански стратегии (Turebayeva et al., 2022). Две такива стратегии, които показват обещаващи резултати, са увеличаване на органичната материя в почвата и намаляване на ерозията чрез подобрения в растителната материя (Tahat et al., 2020). Ефективният контрол на ерозията, базиран на надеждни техники за измерване, и предотвратяването на структурната деградация са ключови компоненти на тези подходи (Lal, 2019). Темпото на възприемане на тези препоръчителни практики за земеползване и управление на почвата/растенията/животните трябва да се поддържа в унисон с напредъка в научните познания (Lal, 2013 г.). Това може да се постигне чрез непрекъснат диалог между учени, политици и собствениците на земи за привеждане на изследователски данни в ефективна политика и планове за действие (Lal, 2013; Tahat et al., 2020). Устойчивото интензифициране на агроекосистемите, произвеждащи повече за единица потребление на основни ресурси, трябва да вземе предвид разумното управление на хидроложките и биогеохимичните цикли. Въглеродният запас в почвата трябва да се управлява разумно, така че да се компенсират антропогенните емисии и смекчаването/адаптирането към изменението на климата (Lal, 2013 г.). Чрез ефективно управление на екосистемните услуги и постигане на напредък в устойчивите селскостопански практики могат да бъдат адресирани редица предизвикателства, свързани с продоволствената сигурност и опазването на околната среда. В практиката се вижда, че понастоящем, голяма част от селското стопанство в света е неустойчиво и неефективно по отношение на енергийния си баланс, опазването на ресурсите и въздействието върху околната среда. За да бъдат смекчени тези негативни действия, управлението на почвите трябва да бъде оптимизирано чрез подобрено култивиране, засаждане, торене, контрол на вредителите, напояване, дренаж и борба с ерозията. От тази гледна точка намаляването на натиска от земеделието върху уязвимите или крехки земи, е ключова стратегия за повишаване на устойчивостта на селското стопанство (Hillel, 2015).

3.3. Влияние на покачващите се температури върху селскостопанския сектор и стратегии за адаптация към климатичните промени

Климатичните промени, изразяващи се в покачващите се температури, поставят под въпрос отглеждането на традиционни култури в определени региони. Някои култури вече не са подходящи поради чувствителността им към по-високи температури или променени модели на валежите. Наложително става за фермерите да обмислят преминаването към по-устойчиви сортове култури или изцяло нови такива, по-подходящи за променящите се климатични условия. Едно от значителните предизвикателства, произтичащи от изменението на климата пред селското стопанство, е промяната в жизнеспособността на културите. С изменението на климата условията за отглеждане на различни култури се променят, което засяга тяхната производителност и пригодност в различните региони. Тази промяна представлява заплаха за продоволствената сигурност и селскостопанския поминък, което налага адаптиране на земеделските практики и селекцията на културите. Всяка култура има специфични температурни диапазони, в които вирее, и отклоненията влияят на етапите на растеж, добивите и качеството. Култури като пшеница и царевица са чувствителни към по-високи температури, особено по време на цъфтежа и формиране на зърното. Топлинният стрес води до намалена фотосинтеза, нарушено образуване на зърно и по-ниски добиви. В по-хладните региони, на културите, които изискват малко по-ниски температури в определени периоди, като някои овощни дървета, високата температура оказва влияние на техния цъфтеж и плододаване. Обратно, неочаквани студове в райони, в които те са необичайни, причиняват унищожаване на чувствителните култури.

По-високите температури ускоряват развитието на културите, съкращавайки периода на отглеждане. Това води до по-малко натрупване на биомаса и намалени добиви. Промените във времето на сезоните нарушава синхронизацията между културите и техните опрашители и причинява несъответствие между зрелостта на културите и изискванията на пазара, което оказва влияние върху рентабилността.

По-високите температури и променените модели на валежите разширяват обхвата и активността на вредителите и патогените. Културите стават уязвими към вредители и болести, които не са срещани преди това в определени региони. Такъв е примерът в „Царевичния пояс“ с есенния червей. По същия начин, гъбични заболявания по растенията като мана стават по-разпространени в райони с повишена влажност. Културите, традиционно устойчиви на местни вредители и болести, стават податливи, когато се появят нови щамове или когато условията на околната среда се променят.

Променящият се климат застрашава дългогодишни традиционни култури в определени региони, което се отразява на културните практики и местната хранителна сигурност. Културите, които са неразделна част от местните диети и културното наследство, може вече да не са подходящи. Това принуждава общностите да преминат към алтернативни култури, които не са толкова подходящи от културна или хранителна гледна точка. Фермерите, които разчитат на култури с висока стойност, като кафе или винено грозде, се сблъскват с икономически предизвикателства, тъй като тези култури стават по-малко жизнеспособни в техните традиционни райони на отглеждане.

Примери от различни страни илюстрират промени в жизнеспособността на културите поради променящите се климатични условия. В района на Бордо (Франция) повишаващите се температури променят качеството на виненото грозде, засягайки традиционните сортове като „Мерло“ и „Каберне совиньон“. По-топлите условия ускоряват процеса на зреене, потенциално променяйки вкусовия профил и алкохолното съдържание на вината, което кара лозарите да обмислят алтернативни сортове грозде или да адаптират своите практики.

Променящият се климат в Британска Колумбия (Канада) доведе до по-високи температури и промени в моделите на валежите, засягащи жизнеспособността на определени овощни култури като ябълки и череши. Тези промени подтикнаха някои фермери да изследват нови култури като грозде за производство на вино, които стават все по-жизнеспособни в променящия се климат на региона.

В Тоскана (Италия) изменението на климата доведе до по-топли зими и непредвидимо време, което се отрази на производството на маслини. По-топлите условия могат да доведат до ранен цъфтеж, което увеличава риска от увреждане от слани. В резултат на това нараства интересът към по-устойчиви на топлина сортове маслини и други алтернативни култури.

В Индия, щата Пенджаб, традиционен регион за отглеждане на пшеница, се наблюдава повишаване на температурите, които намаляват жизнеспособността на пшеницата, засягайки напълването на зърното и добива. Фермерите все повече се ориентират към ориз и други култури като царевица и памук, които са по-подходящи за по-топлите условия.

Централната чилийска долина, известна с производството на вино, е изправена пред промени в моделите на валежите, с по-чести засушавания. Тези промени са предизвикателство за традиционното отглеждане на сортове грозде и тласкат производителите да приемат по-устойчиви на суша сортове или да преминат към по-малко зависими от водата култури.

Справянето с предизвикателството за промяна на жизнеспособността на културите изисква многостранен подход (табл. 3).

Таблица. 3. Мерки за справяне с покачващите се температури и смекчаване на тяхното влияние в селскостопанския сектор
Table 3. Measures to address rising temperatures and mitigate their impact in the agricultural sector

Мярка/Measure	Описание/Description
Разнообразяване на културите/Diversification of crops	Земеделските производители могат да намалят риска чрез разнообразяване на своите култури, включително приемане на устойчиви на суша, устойчиви на топлина или ранозреещи сортове. Тази диверсификация помага за разпределяне на риска между различни култури и условия на отглеждане./Farmers can reduce the risk by diversifying their crops, including adopting drought-tolerant, heat-tolerant or early maturing varieties. This diversification helps to distribute the risk between different crops and growing conditions.
Развъждане и биотехнология/Breeding and biotechnology	Разработването на нови сортове култури чрез традиционно размножаване или генетична модификация може да подобри устойчивостта на топлина, суша, вредители и болести. Пример за това е отглеждането на топлоустойчиви пшеници или устойчиви на суша сортове царевица./The development of new crop varieties through traditional propagation or genetic modification can improve resistance to heat, drought, pests and diseases. An example of this is the cultivation of heat-resistant wheat or drought-tolerant varieties of maize.
Агроекологични практики/ Agro-ecological practices	Прилагането на агроекологични практики, като агролесовъдство, смесени култури и органично земеделие, може да подобри здравето на почвата, да намали натиска от вредители и да повиши устойчивостта към климатични промени./The implementation of agro-ecological practices, such as agroforestry, mixed crops and organic farming, can improve soil health, reduce pest pressures and increase resilience to climate change.
Изместване на селскостопанските зони/ Displacement of agricultural areas	С изместването на климатичните зони може да се наложи преместване на селскостопанските дейности в региони с по-благоприятни условия за отглеждане. Това преместване изисква развитие на инфраструктурата и подкрепа за преминаващите земеделски производители./With the shift of climatic zones, it may be necessary to move agricultural activities to regions with more favorable growing conditions. This relocation requires infrastructure development and support for migrating farmers.
Политика и механизми за подкрепа/Policy and support mechanisms	Правителствата и международните организации могат да осигурят подкрепа чрез изследвания, услуги за разширяване и финансова помощ, за да помогнат на фермерите да преминат към нови култури и да се адаптират към променящите се условия./Governments and international organizations can provide support through research, extension services, and financial assistance to help farmers transition to new crops and adapt to changing conditions.

Източник/Source: Собствено проучване./Author's research.

Тъй като глобалният климат продължава да претърпява безпрецедентни промени, селскостопанският сектор е изправен пред значителни предизвикателства за поддържане на производителността и осигуряване на продоволствена сигурност. Един от критичните аспекти на това предизвикателство е необходимостта от адаптиране на практиките за отглеждане на култури към променящите се условия на околната среда, особено промените в температурата, моделите на валежите и разпространението на вредители и болести.

Една от основните стратегии за адаптиране на селското стопанство към изменението на климата е приемането на устойчиви сортове култури. Тези култури са отгледани или генетично модифицирани, за да имат повишена толерантност към биотични и абиотични стресове, като суша, горещина, вредители и болести. Чрез засаждането на устойчиви на климата култури фермерите могат да запазят или дори да увеличат добивите си при условията на стрес, предизвикани от изменението на климата, като по този начин гарантират продоволствена сигурност и икономическа стабилност. Възприемането на устойчиви на климата култури от дребни производители в страни с ниски и средни доходи е предмет на скорошен преглед на обхвата. Прегледът изследва условията, които са довели до широкото приемане на тези култури през последните три десетилетия, подчертавайки критичната роля, която те могат да играят в подпомагането на производителите да се справят с непредсказуемите метеорологични модели и продоволствената несигурност, причинени от изменението на климата. Един от ключовите фактори, движещи възприемането на устойчиви на климата култури, е признаването, че традиционните сортове култури може вече да не са жизнеспособни в лицето на променящия се климат. Тъй като температурите се повишават, моделите на валежите се променят и разпространението на вредители и болести се увеличава, фермерите откриват, че техните конвенционални сортове култури се борят да поддържат добивите. Чрез преминаване към устойчиви на климата сортове производителите могат по-добре да защитят своите реколти и да осигурят дългосрочна устойчивост на своите земеделски операции (Acevedo, M. et al., 2020).

Променящите се климатични условия трансформират земеделието. По-топлите температури разширяват площите, подходящи за отглеждане на царевица в Южна Русия, измествайки пшеницата. В Холандия пък по-меките зими налагат на производителите на лалета да променят практиките си и да търсят нови сортове цветя.

Тези примери подчертават необходимостта от стратегии за адаптация на селскостопанския сектор, за да се справят с променящите се условия на околната среда, които влияят върху жизнеспособността на традиционните култури. Промените често изискват иновации, инвестиции в нови технологии и желание за преминаване към различни земеделски практики.

3.4. Въздействие на изменението на климата върху селскостопанския сектор

Изменението на климата има редица икономически и социални последици върху селското стопанство, като влияе върху динамиката на пазара и застрашава продоволствената сигурност и стабилността в общностите. Намалените добиви и по-ниската производителност на добитъка имат потенциала да доведат до повишаване на цените на храните, особено в уязвимите региони. Дребните земеделски стопани, които често нямат ресурси и достъп до технологии, са изложени на риск, като потенциално са изправени пред загуба на препитание и нарастваща бедност.

Адаптирането на земеделските практики към изменението на климата често е свързано с увеличаване на разходите. Много често се налага фермерите да инвестират в нови технологии, като усъвършенствани системи за напояване, устойчиви на климата семена или защитна инфраструктура срещу екстремни метеорологични явления. Тези инвестиции са тежки за дребните земеделски производители, които може да нямат достъп до кредитни и финансови ресурси. Освен това, растящите разходи за суровини, като вода, торове и мерки за контрол на вредителите, допълнително натоварват селскостопанската рентабилност.

Климатичните промени водят до колебания в селскостопанската продукция поради променливостта на климатичните модели и честотата на екстремните събития. Тези колебания могат да причинят значителна нестабилност в предлагането на храни, което води до нестабилни пазарни цени. Например по-продължителен период на суша в голям зърнопроизводителен регион води до спад в глобалното предлагане, което от своя страна причинява рязък скок на цените. Такава нестабилност засяга както производителите, които може да са изправени пред предизвикателството с несигурността на печалбите, така и потребителите, които могат да се сблъскат с по-високи цени на храните, потенциално водещи до повишена продоволствена несигурност.

Селското стопанство е основен източник на заетост, особено в развиващите се страни. Промените в селскостопанската производителност, предизвикани от климатичните промени, причиняват загуба на работни места и намалени доходи за хората, зависими от земеделието. Например по-ниските добиви или провалените реколти създават условия много дребни производители и работници да търсят алтернативи за препитание, които може да не са лесно достъпни. Това води до увеличаване на бедността и миграцията. Преминаването към различни култури налага придобиването на нови умения, което затруднява адаптацията на работната сила.

Въздействието на изменението на климата върху селското стопанство не е равномерно разпределено, което често изостря съществуващите социални неравенства. Маргинализираните общности, включително малките производители, местното население и жените, са непропорционално засегнати поради ограничения достъп до ресурси, технологии и процеси за вземане на решения. Тези групи често са по-уязвими от икономически сътресения, а освен това в повечето случаи се наблюдава слаб капацитет за ефективна адаптация. Това неравенство води до социално напрежение и конфликт за ресурси, както и повишена уязвимост към други социални и икономически сътресения.

Засягайки селскостопанската производителност, някои региони стават по-малко жизнеспособни за земеделие, което в бъдеще ще доведе до по-голям миграционен натиск и съответно разселване. Това създава предпоставки производителите да мигрират към градски райони или други региони в търсене на по-добри икономически възможности, което води до обезлюдяване на селските райони и претоварена градска инфраструктура. Такава миграция ще натовари социалните служби и ще допринесе за развитието на неформални селища с лоши условия на живот. В някои случаи може да възникне трансгранична миграция, която потенциално да доведе до геополитическо напрежение и предизвикателства в приемащите страни.

Изменението на климата поставя значителни предизвикателства за селскостопанските системи, като въздействията варират от намаляване на добивите до разпространение на вредители и болести. Докато някои селскостопански системи могат да изпитат положителни биофизични ефекти, много региони страдат от продължителни суши, наводнения и разпространение на инфекциозни болести, водещи до продоволствена несигурност, бедност и дори загуба на човешки животи (Pello, K. et al., 2021 г.).

За да се отговори на тези предизвикателства, акцентът върху възприемането на интелигентни спрямо климата селскостопански практики и технологии става все по-важен. Климатично интелигентното земеделие е подход, който има за цел да насочи действията, необходими за трансформиране и пренасочване на селскостопанските системи за ефективна подкрепа на развитието и гарантиране на продоволствената сигурност

Таблица 4. Икономическо и социално въздействие на климатичните промени върху селското стопанство
Table 4. Economic and social impacts of climate change on agriculture

Въздействие/ Impact	**Икономическо въздействие/Economic impact**	**Социално въздействие/Social impact**
Бангладеш/Bangladesh		
Увеличени наводнения и щети по реколтата/ Increased flooding and damage to crops	Честите наводнения, влошени от покачването на морското равнище, нанесоха щети на посевите от ориз и юта, които са от решаващо значение за икономиката на Бангладеш. Това води до загуба на доходи за фермерите и по-високи цени на храните./Frequent flooding, exacerbated by rising sea levels, has damaged rice and jute crops, which are crucial to Bangladesh's economy. This leads to a loss of income for farmers and higher food prices.	Разселване на общности и повишена бедност, тъй като селскостопанските средства за препитание са застрашени, което води до миграция от селските към градските райони и напрежение върху градската инфраструктура./ Displacement of communities and increased poverty as agricultural livelihoods are threatened, leading to rural-to-urban migration and strains on urban infrastructure.
Индия – Махаращра/India/Maharashtra		
Неравномерни валежи, засягащи производството на култури/ Uneven rainfall affecting crop production	Непредсказуемите мусонни модели са намалили добивите на ключови култури като памук и захарна тръстика. Тази променливост в производството се отразява на пазарните цени и доходите на фермерите, особено на тези с малки стопанства./ Unpredictable monsoon patterns have reduced yields of key crops such as cotton and sugar cane. This variability in production affects market prices and farmers' incomes, especially those with small farms.	Увеличен дълг сред фермерите, което води до нарастване на самоубийствата на фермери и изостряне на социалното неравенство. Стресът от финансовата нестабилност има значителни социални последици, включително проблеми с психичното здраве./ Increased debt among farmers, leading to an increase in farmer suicides and exacerbation of social inequality. The stress of financial instability has significant social consequences, including mental health problems.
САЩ – Калифорния/ USA – California		
Суша и горски пожари/Drought and forest fires	Тежките суши и горските пожари доведоха до намалена селскостопанска продукция, особено при култури с висока стойност като бадеми, винено грозде и зеленчуци. Икономическите загуби обхващат по-широката икономика чрез увеличени застрахователни разходи и намален туризъм./Severe droughts and forest fires have led to reduced agricultural production, especially in high-value crops such as almonds, wine grapes and vegetables. Economic losses engulfed the broader economy through increased insurance costs and reduced tourism.	Загуба на работни места в зависимите от селското стопанство общности, повишени цени на храните и по-високи разходи за живот. Освен това има значително въздействие върху общественото здраве поради лошото качество на въздуха от горски пожари./Job losses in agriculture-dependent communities, increased food prices and higher living costs. It also has a significant impact on public health due to poor air quality from forest fires.
Етиопия/Ethiopia		
Суша и продоволствена несигурност/ Drought and food insecurity	Повтарящите се засушавания са опустошили посевите и добитъка, което води до недостиг на храна и спад в приходите от износ на кафе и други селскостопански продукти. Разчитането на хранителна помощ увеличава националната икономическа уязвимост./Recurrent droughts have devastated crops and livestock, leading to food shortages and a drop in export revenues for coffee and other agricultural products. Relying on food aid increases national economic vulnerability.	Повишено недохранване и глад, особено сред децата. Липсата на хранителна сигурност води до социална нестабилност, миграция и конфликти за ресурси./ Increased malnutrition and hunger, especially among children. Food insecurity leads to social instability, migration and conflicts over resources.
Бразилия – Регион Амазонка/Brazil/Amazon Region		
Обезлесяване и промяна на моделите на валежите/ Deforestation and changing rainfall patterns	Променящият се климат и обезлесяването влияят върху устойчивостта на селското стопанство, особено на соята и говедовъдството. Това не само заплашва поминъка на фермерите, но има и по-широко икономическо въздействие поради загубата на биоразнообразие и екосистемни услуги./A changing climate and deforestation are affecting the sustainability of agriculture, especially soybeans and cattle farming. This not only threatens farmers' livelihoods, but also has a wider economic impact due to the loss of biodiversity and ecosystem services.	Коренните общности са непропорционално засегнати, губят традиционния си поминък и се сблъскват с културен срив. Икономическият натиск допринася за поземлени конфликти и социални вълнения./ Indigenous communities are disproportionately affected, losing their traditional livelihoods and facing a cultural collapse. Economic pressure contributes to land conflicts and social unrest.

Австралия – Куинсланд/Australia – Queensland		
Избелване на коралите и циклони/Coral bleaching and cyclones	Деградацията на Големия бариерен риф поради повишаване на температурата на морето оказва влияние върху риболовната и туристическата индустрия. Циклоните увреждат култури като банани и захарна тръстика, което води до значителни икономически загуби./The degradation of the Great Barrier Reef due to rising sea temperatures is having an impact on the fishing and tourism industries. Cyclones damage crops such as bananas and sugar cane, resulting in significant economic losses.	Загуба на работни места в туризма и селското стопанство, повишени проблеми с психичното здраве поради икономически стрес и разселване поради тежки метеорологични явления./Job losses in tourism and agriculture, increased mental health problems due to economic stress, and displacement due to severe weather events.
Никарагуа/Nicaragua		
Реколтата от кафе намалява/The coffee harvest is declining	Промените в моделите на температурата и валежите са намалили добивите на кафе, основна експортна култура. Това засяга националния доход и способността на икономиката да инвестира в инфраструктура и социални услуги./Changes in temperature and rainfall patterns have reduced yields of coffee, a major export crop. This affects national income and the economy's ability to invest in infrastructure and social services.	Повишена бедност и миграция, особено сред селското население, зависимо от производството на кафе. Икономическият упадък води до социална нестабилност и увеличаване на неравенството./Increased poverty and migration, especially among the rural population dependent on coffee production. Economic decline leads to social instability and increasing inequality.
Филипините/Philippines		
Тайфуни и повишаване на морското равнище/Typhoons and sea level rise	Честите и тежки тайфуни причиняват големи щети на селското стопанство, инфраструктурата и жилищата. Икономическите разходи се усложняват от необходимостта от усилия за възстановяване след бедствие./Frequent and severe typhoons cause great damage to agriculture, infrastructure and housing. The economic costs are compounded by the need for post-disaster recovery and recovery efforts.	Широко разпространено разселване, загуба на домове и средства за препитание. Налице е нарастване на бедността и здравните проблеми, както и нарастващ брой климатични бежанци./Widespread displacement, loss of homes and livelihoods. There is an increase in poverty and health problems, as well as a growing number of climate refugees.
Кения/Kenya		
Непредвидими валежи и суша/Unpredictable precipitation and drought	Селскостопанският сектор, особено производството на царевица и чай, е изправен пред намаляващи добиви поради непредсказуемото време. Това засяга продоволствената сигурност и приходите от износ, които са критични за националната икономика./The agricultural sector, especially corn and tea production, is facing declining yields due to unpredictable weather. This affects food security and export revenues, which are critical for the national economy.	Нарастващите цени на храните водят до повишено недохранване и социални вълнения. Налице е и засилен конфликт относно водата и пасищата, което засяга скотовъдните общности./Rising food prices are leading to increased malnutrition and social unrest. There is also an increased conflict over water and pastures, which affects pastoralist communities.
Италия – Долината на река По/Italy – Po river valley		
Наводнения и горещи вълни/Floods and heat waves	Наводненията и горещите вълни оказват влияние върху производството на ориз, царевица и грозде, ключови селскостопански продукти в долината на река По. Това води до икономически загуби в селското стопанство и свързаните с него отрасли като производството на вино./Floods and heat waves are impacting the production of rice, maize and grapes, key agricultural products in the Po Valley. This leads to economic losses in agriculture and related industries such as wine production.	Повишени разходи за живот и загуба на работни места в секторите, свързани със селското стопанство. Горещите вълни оказват също въздействие върху здравето, особено върху уязвимите групи като възрастните хора и малките деца./Increased cost of living and job losses in agriculture-related sectors. Heat waves also have an impact on health, especially on vulnerable groups such as the elderly and young children.

Източник/Source: Собствено проучване./Author's research.

в променящия се климат (Viswanathan et al., 2020).

Един ключов аспект на климатично интелигентното земеделие е интегрирането на стратегии за адаптиране и смекчаване (Campbell et al., 2016). Адаптирането към изменението на климата в селското стопанство е жизненоважно, особено в развиващите се страни, и е с висок или неотложен приоритет. Разбирането на мотивацията на фермерите и бариерите пред адаптацията е от решаващо значение за разработването на подходящи политики за укрепване на тяхната устойчивост. Например проучване на производители на ябълки в Шанси, Китай, установи, че фактори като осведоменост за изменението на климата, достъп до информация и наличие на финансови ресурси са повлияли на поведението им при адаптиране (Feng et al., 2017). По подобен начин в Южна Азия изследванията показват, че макар да има много налични практики за адаптиране, институционалната структура за прилагане и разпространение на тези технически решения все още не е укрепена (Aryal et al., 2019).

В крайна сметка успехът за адаптирането към изменението на климата в селскостопанския сектор зависи от прилагането на многостранен подход, който съчетава технологични, социално-икономически и политически интервенции. Политиците, изследователите и практиците трябва да работят заедно, за да разработят и приложат цялостни стратегии, които се справят с уникалните предизвикателства, пред които са изправени различните региони и селскостопански общности.

Интелигентното към климата земеделие предлага обещаваща рамка за насочване на тези усилия, но успешното му прилагане ще изисква по-добро разбиране на сложните взаимодействия между изменението на климата, селскостопанските системи и човешкия поминък (Sova, C. et al., 2018; Viswanathan et al., 2020; Abegunde, O. V. and Obi, A., 2022).

Съществуват множество примери от различни страни, илюстриращи икономическото и социалното въздействие на изменението на климата върху селското стопанство (табл. 4).

Тези примери подчертават многостранните икономически и социални въздействия на изменението на климата върху селското стопанство, засягащи поминъка, икономическата стабилност и социалното благосъстояние по целия свят.

Справянето с икономическите и социалните въздействия на изменението на климата върху селското стопанство изискват всеобхватни стратегии за адаптиране и подкрепящи политики (табл. 5)

Икономическите и социалните въздействия на изменението на климата върху селското стопанство представляват значителни предизвикателства, които изискват координирани усилия в множество сектори и мащаби. Повишените разходи за адаптация, нестабилността на пазара, въздействието върху поминъка и изостряне на социалните неравенства подчертават сложния характер на тези предизвикателства. Чрез прилагане на приобщаващи и подкрепящи политики, насърчаване на икономическата диверсификация и засилване на мерките за социална защита, обществата могат по-добре да се ориентират в икономическите и социални измерения на адаптирането към изменението на климата в селското стопанство, като гарантират по-устойчиво и справедливо бъдеще за всички.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализът на пространствените аспекти на предизвикателствата и заплахите, породени от климатичните изменения върху световното селско стопанство, разкрива какви са мащабите и комплексния характер на проблема. Както се вижда от примерите в тази статия, въздействието на климатичните промени варира значително в различните региони, но е невъзможно да не остане без последствия. Представените практики за адаптация, макар и разнообразни, подчертават общата необходимост от иновации, устойчиво управление

Таблица 5. Мерки за адаптиране към икономическите и социалните въздействия
Table 5. Measures to adapt to economic and social impacts

Мярка/Measure	Описание/Description
Финансова подкрепа и застраховка/Financial support and insurance	Предоставянето на финансова помощ, субсидии и застрахователни схеми може да помогне на фермерите да управляват рисковете, свързани с променливостта на климата. Застраховането на културите например може да предпази от загуби поради екстремни метеорологични явления./ The provision of financial assistance, subsidies and insurance schemes can help farmers manage the risks associated with climate variability. Crop insurance, for example, can protect against losses due to extreme weather events.
Пазарни и търговски политики/Market and trade policies	Правителствата могат да прилагат политики за стабилизиране на цените на храните и осигуряване на наличността на стоки от първа необходимост. Това може да включва стратегически резерви, контрол на цените или търговски споразумения за осигуряване на хранителни доставки./Governments can implement policies to stabilize food prices and ensure the availability of essential goods. This could include strategic reserves, price controls, or trade agreements to secure food supplies.
Развитие на умения и диверсификация/ Skills development and diversification	Програмите за обучение могат да помогнат на фермерите да придобият нови умения за алтернативен начин на живот или да възприемат нови земеделски практики. Насърчаването на икономическата диверсификация в селските райони може да намали зависимостта от селското стопанство и да увеличи устойчивостта./Training programs can help farmers acquire new skills for alternative lifestyles or adopt new farming practices. Promoting economic diversification in rural areas can reduce dependence on agriculture and increase sustainability.
Програми за социална защита/Social protection programs	Укрепването на мрежите за социална сигурност, като хранителна помощ и обезщетения за безработица, може да подпомогне уязвимото население по време на периоди на преход и икономически затруднения./Strengthening social safety nets, such as food aid and unemployment benefits, can support vulnerable populations during periods of transition and economic hardship.
Приобщаващо управление/ Inclusive governance	Гарантирането, че политиките за адаптация отчитат нуждите и гласовете на маргинализираните групи е от решаващо значение за справедливите резултати от адаптацията. Това означава включването на жените, местното население и дребните фермери в процесите на вземане на решения./Ensuring that adaptation policies take into account the needs and voices of marginalised groups is crucial for equitable adaptation outcomes. This includes the inclusion of women, local populations and smallholder farmers in decision-making processes.

Източник/Source: Собствено проучване./Author's research.

на ресурсите и проактивни стратегии. Бъдещето на световното селско стопанство зависи от способността ни да се учим от тези примери, да споделяме знания и да прилагаме ефективни решения, които могат да смекчат негативните въздействия на изменението на климата и да осигурят устойчиво производство на храни за нарастващото население на планетата.

За да се осигури устойчиво развитие на селското стопанство, биха могли да се предприемат следните мерки:

• Инвестиране в научни изследвания и разработки за нови сортове култури, които са по-устойчиви на климатичните промени, както и да се подобрят съществуващите земеделски практики.

• Насърчаване на устойчиви земеделски практики чрез прилагане на агроекология, интегрирано управление на вредителите и др.

• Прилагане на стратегии за ефективно използване на водните ресурси, например дъждовно напояване, рециклиране на вода и др.

• Повишаване на капацитета на земеделските производители.

• Разработване на политики за адаптация към климатичните промени. Правителствата трябва да играят активна роля в създаването на благоприятна среда за адаптация, например чрез предоставяне на финансова подкрепа, регулаторни мерки и стимули за устойчиви практики.

• Засилване на международното сътрудничество: Необходими са съвместни усилия между държави, международни организации и изследователски институции за споделяне на знания, технологии и най-добри практики.

Негативните ефекти от антропогенната дейност имат многостранен характер, но само чрез интегрирани усилия на глобално, национално и местно ниво може да се постигне по-устойчив и сигурен селскостопански сектор, способен да се справи с предизвикателствата на един променящ се свят и да осигури продоволствената сигурност за всички (Александров и др., 2023).

Благодарности

Това изследване е финансирано от Европейския съюз – NextGenerationEU, чрез Националния план за възстановяване и устойчивост на Република България, проект No BG-RRP-2.004-0008-C01

Конфликт на интереси: няма конфликт на интереси.

ЛИТЕРАТУРА

Abegunde, O, V. & Obi, A. (2022). The Role and Perspective of Climate Smart Agriculture in Africa: A Scientific Review. Sustainability, 14, No 4: 2317. https://doi.org/10.3390/su14042317.

Acevedo, M., Pixley, K., Zinyengere, N., Meng, S., Tufan, H., Cichy, K., ... & Porciello, J. (2020). A scoping review of adoption of climate-resilient crops by small-scale producers in low-and middle-income countries. *Nature plants*, *6*(10), 1231-1241. https://doi.org/10.1038/s41477-020-00783-z

Aleksandrov, V., Veselinov, N., Kazandjiev, V. (2023). The Changing Climate of Bulgaria - Data and Analyses. NIMH-BAN.

Ali, S., Ghosh, B. C., Osmani, A. G., Hossain, E., & Fogarassy, C. (2021). Farmers' climate change adaptation strategies for reducing the risk of rice production: evidence from Rajshahi district in Bangladesh. *Agronomy*, *11*(3), 600. https://doi.org/10.3390/agronomy11030600.

Aryal, J. P., Sapkota, T. B., Khurana, R., Khatri-Chhetri, A., Rahut, D. B., & Jat, M. L. (2020). Climate change and agriculture in South Asia: adaptation options in smallholder production systems. *Environment, development and sustainability*, *22*(6), 5045-5075. https://doi.org/10.1007/s10668-019-00414-4.

Bantilan, M. C. S., & Mohan, G. (2014). Adaptation to Climate Change in Agriculture in Selected Asian Countries: Insights from micro-level studies and implications for policy. http://oar.icrisat.org/7649/.

Buda, A. R., Williard, K. W., Schoonover, J. E., & Srinivasan, M. S. (2015). Featured Collection Introduction: Agricultural Hydrology and Water Quality. *Journal of the American Water Resources Association*, *51*(4), p. 877-882. https://doi.org/10.1111/1752-1688.12343.

Campbell, B. M., Vermeulen, S. J., Aggarwal, P. K., Corner-Dolloff, C., Girvetz, E., Loboguerrero, A. M., ... & Wollenberg, E. (2016). Reducing risks to food security from climate change. *Global food security*, *11*, 34-43. https://doi.org/10.1016/j.gfs.2016.06.002.

Cho, S. J., Ding, J., McCarl, B. A., Yu, C. H., Cho, S. J., Ding, J., ... & Yu, C. H. (2011). Economic impacts of climate change on agriculture: adaptation and vulnerability. *Climate Change: Socioeconomic Effects*, 307-324. https://doi.org/10.5772/24590

Feng, X., Liu, M., Huo, X., & Ma, W. (2017). What motivates farmers' adaptation to climate change? The case of apple farmers of Shaanxi in China. *Sustainability*, *9*(4), 519. https://doi.org/10.3390/su9040519.

Gangopadhyay, P. K., Khatri-Chhetri, A., Shirsath, P. B., & Aggarwal, P. K. (2019). Spatial targeting of ICT-based weather and agro-advisory services for climate risk management in agriculture. *Climatic change*, *154*(1), 241-256. https://doi.org/10.1007/s10584-019-02426-5.

Hillel, D. (2011). An overview of soil and water management: the challenge of enhancing productivity and sustainability. *Soil Management: Building a Stable Base for Agriculture*, 1-11. https://doi.org/10.2136/2011.soilmanagement.c1.

Idawati et al. (2018). The implication of climate adaptation and mitigation research: capacity adaptation of rice paddy farmers to climate change. IOP Publishing, 200, p. 012041-012041. https://doi.org/10.1088/1755-1315/200/1/012041.

Kim, I., Elisha, I., Lawrence, E., & Moses, M. (2017). Farmers adaptation strategies to the effect of climate variation on rice production: Insight from Benue State, Nigeria. *Environment and Ecology Research*, *5*(4), 289-301. https://doi.org/10.13189/eer.2017.050406.

Lal, R. (2013). Climate-strategic agriculture and the water-soil-waste nexus. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, *176*(4), 479-493. https://doi.org/10.1002/jpln.201300189.

Lal, R. (2019). Eco-intensification through soil carbon sequestration: Harnessing ecosystem services and advancing sustainable development goals. *Journal of Soil and water conservation*, *74*(3), 55A-61A. https://doi.org/10.2489/jswc.74.3.55a.

M. Tahat, M., M. Alananbeh, K., A. Othman, Y., & I. Leskovar, D. (2020). Soil health and sustainable agriculture. *Sustainability*, *12*(12), 4859. https://doi.org/10.3390/su12124859.

Mardiyati, S., & Natsir, M. (2021, March). Literacy and adaptation strategy of rainfed lowland farmer on climate change risk in Takalar Regency. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 681, No. 1, p. 012080). IOP Publishing. https://doi.org/10.1088/1755-1315/681/1/012080.

Neupane, J., & Guo, W. (2019). Agronomic basis and strategies for precision water management: A review. *Agronomy*, *9*(2), 87. https://doi.org/10.3390/agronomy9020087.

Ologeh, I., Adesina, F., & Sobanke, V. (2020). Assessment of farmers' indigenous technology adoptions for climate change adaptation in Nigeria. In *African handbook of climate change adaptation* (pp. 1-13). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-42091-8_28-1.

Orimoloye, I. R., Zhou, L., & M. Kalumba, A. (2021). Drought disaster risk adaptation through ecosystem services-based solutions: way forward for South Africa. *Sustainability*, *13*(8), 4132. https://doi.org/10.3390/su13084132.

Ozor, N. (2011). Difficulties in adaptation to climate change by farmers in Enugu State, Nigeria. African Journals OnLine, 14(2). https://doi.org/10.4314/jae.v14i2.64127.

Patle, G. T., Kumar, M., & Khanna, M. (2019). *Climate-smart water technologies for sustainable agriculture: A review. J. Water Climate Change 11 (4): 1455-1466*. https://doi.org/10.2166/wcc.2019.257.

Pello, K., Okinda, C., Liu, A., & Njagi, T. (2021). Factors affecting adaptation to climate change through agroforestry in Kenya. *Land*, *10*(4), 371. https://doi.org/10.3390/land10040371.

Rohde, M., Reynolds, M., & Howard, J. (2019). *Dynamic multibenefit solutions for global water challenges. Conservation Science and Practice, 2 (1), e144*.

Shah, A., Nazari, M., Antar, M., Msimbira, L. A., Naamala, J., Lyu, D., ... & Smith, D. L. (2021). PGPR in agriculture: A sustainable approach to increasing climate change resilience. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, *5*, 667546.

Sova, C. A., Grosjean, G., Baedeker, T., Nguyen, T. N., Wallner, M., Nowak, A., ... & Lizarazo, M. (2018). Bringing the concept of climate-smart agriculture to life: insights from CSA country profiles across Africa, Asia, and Latin America. https://doi.org/10.1596/31064.

Turebayeva, S., Zhapparova, A., Kekilbayeva, G., Kenzhegulova, S., Aisakulova, K., Yesseyeva, G., ... & Saljnikov, E. (2022). Development of sustainable production of rainfed winter wheat with no-till technologies in Southern Kazakhstan. *Agronomy*, *12*(4), 950. https://doi.org/10.3390/agronomy12040950.

Viswanathan, P. K., Kavya, K., & Bahinipati, C. S. (2020). Global patterns of climate-resilient agriculture: A review of studies and imperatives for empirical research in India. *Review of Development and Change*, *25*(2), 169-192. https://doi.org/10.1177/0972266120966211.

Постъпила – **11 декември 2024 г.;** *Одобрена* – **22 юли 2025 г.;** *Публикувана* – **септември 2025**