په وچو او نيمه وچو سيمو کي د غنمو د توليد او کيفيت لوړولو لپاره د ځيرکو اوبو لگولو سيستمونو اغېزې: يوه مروري څېړنه

دولت خان مسلم[1*]، رفيع الله رفيع[2]، عزيزالله عزيزي[3]

[1]د علمي مجلو کارشناس، عمومي مدير، ترتيب کوونکی او ډيزاينر ، د افغانستان د کرنيزو علومو او تکنالوژي ملي پوهنتون، کندهار، افغانستان

[2]کرنيزه انجينري، نباتي علومو پوهنځی، د افغانستان د کرنيزو علومو او تکنالوژي ملي پوهنتون، کندهار، افغانستان

[3]د طبيعي علومو کارشناس، د افغانستان د کرنيزو علومو او تکنالوژي ملي پوهنتون، کندهار، افغانستان

[*]د مسؤل ليکوال ايميل ادرس: dawlatkhanmuslim@gmail.com

لنډيز

غنم د وچو او نيمه وچو سيمو د خوړو د خوندیتوب لپاره يو مهمه غله ده؛ خو په دغو سيمو کي د اوبو لږوالي، اقليمي بدلون او د دوديزو اوبو لگولو سيستمونو څخه گټې اخيستني د غنمو توليد او کيفيت له جدي ستونزو سره مخ کړی دی. په وروستيو کلونو کي د ځيرکو او دقيقو اوبو لگولو سيستمونو کارول د دغو ستونزو د حل لپاره د يوې اغېزمنې بديلې لارې په توگه وړاندې شوي دي. دا مروري مقاله په وچو او نيمه وچو اقليمي شرايطو کي د غنمو پر توليد، د دانې پر کيفيت او د اوبو د کارونې پر موثريت د ځيرکو اوبو لگولو سيستمونو اغېزې ارزوي. د نويو او عصري څېړنو تحليلي ارزونه ښيي، چې د سنسرونو، Internet of Things (IoT) او اتومات کنترول پر بنسټ اوبو لگولو سيستمونه د خاوري لنده‌بل او نبات فزيولوژيکي دندې پر وخت خاري، چې د اوبو د ضايع کېدو د کمښت، د حاصل ثبات او د دانې د کيفيت ښه والی تضمينوي. سره له دې، د دغو سيستمونو اغېزمنتيا د اقليمي شرايطو، د خاوري ځانگړتياوو، د غنمو د ورايټيو او د مديريت په کيفيت پوري تړلې ده. په ټولېزه توگه، دا څېړنه ښيي، چې ځيرکه اوبه لگونه د سيمه‌ييزو اقليمي او چاپيريالي شرايطو له مخې د تطبيق وړ تگلاره بلل کېږي او د پايداري کرنې په پياوړتيا کي بنسټيز رول لري.

کليدي کلېمې: ځيرکه اوبه لگونه، دوديزه اوبو لگونه، د اوبو مؤثريت، د غنمو حاصل او کيفيت، وچي او نيمه وچي سيمي

سریزه

الحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعٰلَمِينَ، وَالصَّلَاةُ وَالسَّلَامُ عَلَى سَيِّدِنَا مُحَمَّدٍ، وَعَلَى آلِهِ وَصَحْبِهِ أَجْمَعِينَ.

غنم د نړۍ له مهمو غلو څخه دي، چې په وچو او نیمه وچو سیمو کې د خوړو د خوندیتوب، اقتصادي ثبات او د کلیوالي ټولنو د ژوندانه د اړینو اړتیاوو څخه ګڼل کېږي (Fereres & Soriano, 2007; FAO, 2022). دغه سیمې، چې د نړۍ د کرنیزو ځمکو لویه برخه جوړوي، د محدودو اوبو، د باران د لږوالي، نامنظم اورښت او اقلیمي بدلونونو له ستونزو سره مخ دي؛ همدا شان، د بدلونونو زیاتیدونکي اغېزې د غنمو تولید، د دانې کیفیت او د حاصل ثبات له لا زیات فشار سره مخ کوي (Jägermeyr et al., 2016; Kheiri et al., 2024).

همداراز اوبه چې په کرنیزو چارو کې په زیاته کچه کارول کېږي او په وچو او نیمه وچو سیمو کې د اوبو ناسم مدیریت د اوبو د سرچینو پر دوامداره شتون مستقیم اغېز لري (FAO, 2022). سره له دې علمي پوهاوي، لا هم په ډیرو وچو او نیمه وچو سیمو کې دودیز اوبه لګوني سیستمونه لکه سطحي اوبو لګونه چې پکې ټوله خاوره لنده کړي (Flood Irrigation) کارول کېږي؛ دغه سیستمونه د اوبو د ضایع کېدو، د خاوري د تخریب او د حاصلاتو د لږوالي لامل ګرځي (Al-Ghobari & El Marazky, 2014; Shah et al., 2025). څېړنې ښیي، چې دغه غیر معیاري سیستمونه نه یوازې د اوبو کارونه زیاتوي، بلکې د غنمو فزیولوژیکي ودې ته په ځانګړې ډول د وچکالۍ په شرایطو کې زیان رسوي او د حاصل ثبات لږوي (Si et al., 2023; Rustambek o‘g‘li, 2025).

د دغو ستونزو د حل لارې، په وروستیو کلونو کې د ځیرکو او دقیقو اوبو لګولو سیستمونو منځته راتګ او ګټه اخیستنه د دودیزو طریقو پر ځای د یوې اغېزمنې او پایداري بدیلې ستراتیژۍ په توګه معرفي سوې ده (Ahmed et al., 2023; Vallejo-Gómez et al., 2023; Alvino & Marino, 2017). دغه سیستمونه د حس کوونکو (Sensors)، اتومات کنترول، د (IoT) او دقیقو کرنیزو تکنالوژیو پر بنسټ د خاوري لنده‌بل، اقلیمي شرایط او د نبات فزیولوژي په ریښتیني وخت کې څارې او د اوبو مدیریت د فصل د اړتیاوو سره سم تنظیموي (Belkher et al., 2025; Mohamed et al., 2026).

څېړنو ښودلې ده، چې دا ډول هوښیار مدیریت کولی شي په وچو او نیمه وچو شرایطو کې د غنمو حاصل، د دانې کیفیت او د اوبو څخه د ګټې اخیستنې په اغیزمنتیا کې ښه‌والی منځته راوړي، په داسې حال کې چې ورسره هم‌مهاله د اوبو سپما کېږي (You et al., 2022; Si et al., 2023). د دې پرمختګونو سره سره، د ځیرکو اوبو لګولو سیستمونو اغېزمنتیا تل یو شان نه ده

او تر ډيره حده د اقليمي شرايطو، خاورو ځانگړتياوو، د غنمو ورايټيو او د مديريت په کيفيت پوري تړلې ده (Ali et al., 2025).

سره له دې چې په وروستيو کلونو کې د ځيرکو اوبو لگولو سيستمونو په اړه څو کتابتوني څېړنې خپرې شوي دي، د بيلگې په توگه د Si et al. (2023) او Vallejo-Gómez et al. (2023) څېړنې، خو دغه کتابتوني څېړنې تر ډيره پر عمومي فزيولوژيکي غبرگونونو، يا د بېلابيلو فصلونو او اقليمي شرايطو پر پراخ تحليل متمرکزې دي. برعکس، اوسنۍ کتابتوني څېړنه په ځانگړي ډول د غنمو پر توليدي سيستمونو تمرکز کوي او د وچو او نيمه وچو سيمو اقليمي محدوديتونه د تحليل د مرکزي چوکاټ په توگه په پام کې نيسي. په دې څېړنه کې د غنمو فزيولوژي، د دانې کيفيت، د اوبو د کارونې موثريت او اقتصادي اغېزې په يو مدغم تحليلي چوکاټ کې ارزول کېږي، څو وښيي چې د ځيرکو اوبو لگولو سيستمونو اغېزمنتيا يوازې تخنيکي موضوع نه ده، بلکې د نبات د فزيولوژيکي پرووونو، سيمه‌ييزو اقليمي شرايطو او اقتصادي واقعيتونو سره تړاو لري. له همدې امله، په دې مروري څېړنه کښې هغه علمي تشې تر يو حده پوري ډکې شوي دي، چې د غنمو لپاره د ځيرکو اوبو لگولو سيستمونو د تطبيق د فزيولوژيکي او اقتصادي پايلو په برخه کې شتون لري او د پايداري کرنې لپاره عملي او څېړنيزې لارښوونې وړاندې کوي.

کړنلاره

ددې مروري مقالې موخه په وچو او نيمه وچو سيمو کې د غنمو پر توليد او کيفيت د ځيرکو اوبو لگولو سيستمونو د اغېزو هر اړخيزه ارزونه ده. د اړوندو علمي څېړنو د راټولولو لپاره له معتبرو نړيوالو ډيټابېسونو لکه Google Scholar، Scopus او Web of Science څخه استفاده شوې ده. هغه مقالې په دې کتابتوني څېړنه کې شاملې شوي دي چې د 2007م (1428هـ.ق) څخه تر 2026 م (1447هـ.ق) کلونو پورې خپرې شوي وې او د غنمو، ځيرکو اوبو لگولو سيستمونو، د اوبو د کارونې موثريت، حاصل او کيفيت سره مستقيم تړاو ولري. راټولې شوي څېړنې په تشريحي او تحليلي بڼه وڅېړل شوې او د اوبو لگولو بېلابيلو تکنالوژيو اغېزې د حاصل، کيفيت، چاپېريالي پايښت او اقتصادي اړخونو له نظره پرتله شوي دي، تر څو د موضوع په اړه روښانه پايلې او د راتلونکو څېړنو تشې څرگندې شي.

وچي او نيمه وچي سيمي: اقليمي ځانگړتياوي او کرنيزي ستونزې

وچي او نيمه وچي سيمي د اقليمي پلوه د کمو او نامنظمو بارانونو، لوړې تودوخې او ټيټ نسبي لندبل له امله پېژندل کېږي، چې د ځمکې شاوخوا 33–43% برخه جوړوي (Huang et al., 2016; IPCC, 2021). په دغو سيمو کې کلنۍ اوربښت په وچو سيمو کې عموماً له 250 ملي‌مټره

کم او په نیمه وچو سیمو کې له 250 څخه تر 500 ملي‌مترو پورې وي، خو باران اکثره ناڅاپي او بې‌وخته وي او د تبخیر کچه ترې لوړه وي(IPCC, 2021). تودوخه یې عموماً لوړه ده، چې د ورځې په وخت کې 40–50 °C ته رسېږي، همدارنګه، نسبي لندبل یې ډېر ټیټ وي (اکثره تر 10% کم)، چې د لوړې تودوخې سره یو ځای د تبخیر کچه لوړه ساتي او د خاورې لنده‌بل ژر له منځه وړي، چې دا ټول د اوبو کمښت او د کرنیز تولید د بې ثباتۍ اساسي لاملونه ګرځي (Dai, 2013; IPCC, 2021).

وچې او نیمه وچې سیمې د نړۍ د کرنیزو سیستمونو لپاره ستراتیژیک اهمیت لري، ځکه چې د دغو سیمو د نفوس د خوړو خوندیتوب او اقتصادي ثبات تر ډېره د غلو، په ځانګړې ډول د غنمو، پر تولید ولاړ دی (FAO, 2022; Boerger et al., 2021). دغه سیمې د محدودو اوبو، د باران د لږوالي، لوړې تودوخې درجې او د تبخیر د زیاتې کچې له امله د اقلیمي فشار له دوامداره حالت سره مخ دي، چې دا ټول د فصل د ودې، حاصل او کیفیت لپاره بنسټیز محدودیتونه رامنځته کوي(Jägermeyr et al., 2016; Kheiri et al., 2024).

په وچو سیمو کې د اوبو نشتوالی د غنمو د ودې پر ټولو فزیولوژیکي پړاوونو اغېزه کوي، خو د دانې د پخېدو پړاو د وچکالۍ پر وړاندې تر ټولو حساس بلل کېږي، ځکه چې په دې مرحله کې د اوبو کمښت د دانې وزن، یوشانوالی او غذایي کیفیت کموي (Tang et al., 2023; Rukhsar et al., 2025). په نیمه وچو سیمو کې که څه هم د باران کلنۍ اندازه تر وچو سیمو لوړه وي، خو د باران ناسم وختي وېش د حاصل ناپایدارۍ او د اوبو د مدیریت د ستونزو سبب ګرځي(You et al., 2022; Kheiri et al., 2024).

سربېره پر اقلیمي محدودیتونو، د دغو سیمو د خاورې ځانګړتیاوي هم د کرنې لپاره ستونزې زېږوي؛ د عضوي موادو کمښت، د خاورې کم ژوروالی او د مالګې د راټولېدو تمایل د ریښو وده محدوده کوي او د اوبو او مغذي موادو جذب کموي (Ṭopa et al., 2025; Shah et al., 2025). دغه ستونزې هغه مهال لا سختېږي چې دودیز اوبو لګولو سیستمونه وکارول شي، ځکه چې دا سیستمونه د اوبو ضایعات زیاتوي او د خاورې اوږدمهاله تخریب ته لاره هواروي(Al-Ghobari & El Marazky, 2014; FAO, 2022).

په مجموع کې، د وچو او نیمه وچو سیمو اقلیمي او خاورین شرایط دا څرګندوي چې په دغو چاپېریالو کې د غنمو د پایدار تولید لپاره د اوبو دودیز مدیریت بسیا نه دی، بلکې د فصل د فزیولوژي، اقلیم او خاورې ځانګړتیاوو ته په کتو د دقیق، انعطاف منونکي او هوښیار اوبو لګولو ستراتیژیو تطبیق ته جدي اړتیا ده(Alharbi et al., 2024; Ali et al., 2025).

د غنمو فزيولوژي او د اوبو اړتيا

د غنمو فزيولوژي د اوبو له شتون سره نږدې او پېچلې اړيکه لري او د اوبو لگولو د مديريت ډول او وخت په مستقيم ډول د نبات د ودې، حاصل او دانې کيفيت ټاکي (Si et al., 2023). غنم د ودې په بېلابېلو فزيولوژيکي پړاوونو کې د اوبو بېلابېلو اندازو ته اړتيا لري او په هر پړاو کې د لنده‌بل مناسب توازن د ضيائي ترکيب ، د پانو د فعاليت، د ساقې د ودې او د ريښو د پراختيا لپاره اساسي اهميت لري (Tang et al., 2023; You et al., 2022). د ټوکېدني او لومړنۍ ودې په پړاو کې د خاوري مناسب لنده بل د ريښو د ژور نفوذ او د نبات د لومړني استقرار سبب گرځي، چې د راتلونکو وچکاليو پر وړاندې د غنمو د مقاومت بنسټ جوړوي(Si et al., 2023). د ساقې د اوږدېدو او د گل کولو په پړاوونو کې د اوبو کمښت د پانو سطح راکموي، د ضيائي ترکيب شدت کموي او د ساقې د بيولوژيکي توليد ظرفيت محدودوي، چې د دې حالت په پايله کې د دانې شمېر او احتمالي حاصل کموي(Tang et al., 2023; Zhao et al., 2025). د دانې د پخېدو پړاو د غنمو د فزيولوژي له پلوه تر ټولو حساسه مرحله بلل کېږي، ځکه چې په دې مرحله کې د ضيائي ترکيب محصولات په مستقيم ډول د دانې په جوړښت، وزن او کيمياوي ترکيب کې زېرمه کېږي (Si et al., 2023; Li et al., 2025). په دې پړاو کې د اوبو ناسم يا محدود مديريت د ضيائي ترکيب کمښت، د دانې د ډکېدو د مودې لنډوالی او د دانې د وزن کمښت رامنځته کوي، چې دا ټول د حاصل او کيفيت په ټيټوالي کې څرگندېږي (Rukhsar et al., 2025; Zhao et al., 2025).

سربېره پر دې، د اوبو فشار د غنمو د فزيولوژيکي غبرگونونو لکه د ستوماتاوو تړل، د تبخير کمښت او د انرژۍ د وېش بدلون سبب گرځي، چې په پايله کې نبات د بقا پر لور مايل کېږي او د توليد پر ځای د ځان ساتنې ميکانيزمونه فعالوي (Si et al., 2023; Kheiri et al., 2024). که څه هم ځينې څېړنې ښيي چې محدود او کنترول شوی اوبه ورکول (Deficit Irrigation) کولی شي د دانې د پروټين او نشايستې اندازه زياته کړي، خو دا مثبت اغېز يوازې هغه مهال ترلاسه کېږي چې د اوبو فشار په دقيق ډول تنظيم شي او د غنمو له حساسو پړاوونو سره همغږی وي (Li et al., 2025; You et al., 2022; Alvino & Marino., 2017).

په ټوليزه توگه، د غنمو فزيولوژي څرگندوي چې د اوبو مديريت بايد يوازې د مقدار پر بنسټ ونه ارزول شي، بلکې د وخت، شدت او دوام په تنظيم پورې وتړل شي. له همدې امله، په وچو او نيمه وچو سيمو کې د غنمو د پايدار توليد لپاره د هغو اوبو لگولو ستراتيژۍ اغېزمنې گڼل

کېږي چې د نبات فزیولوژي په مرکز کې ځای پر ځای کړي او د اقلیمي فشارونو سره د تطابق وړتیا ولري(Si et al., 2023; You et al., 2022; Ali et al., 2025).

د غنمو لپاره د دودیزو اوبو لګولو سیستمونو محدودیتونه

په وچو او نیمه وچو سیمو کې د غنمو کرنه تر ډېره پر دودیزو اوبو لګولو سیستمونو لکه سطحي او غیر دقیق پاشانده اوبو لګونه، متکي ده، خو دغه سیستمونه د اوبو د محدودو منابعو د اغېزمن مدیریت لپاره مناسب نه ګڼل کېږي (Al-Ghobari & El Marazky, 2014; FAO, 2022). په دغو سیستمونو کې د اوبو د تطبیق نابرابري د اوبو د زیات ضایع کېدو، د سطحي له لارې د اوبو د بهېدو او د ژور نفوذ د زیاتوالي سبب ګرځي، چې دا حالت د اوبو د کارونې موثریت په خرګند ډول کموي(Fereres & Soriano, 2007; Shah et al., 2025).

د دودیزو اوبو لګولو د سیستمونو یو مهم محدودیت دا دی چې د نبات د فزیولوژیکي اړتیاوو او د ودې د پراوونو ترمنځ همغږي نه رامنځته کوي. په ځانګړي ډول، ناسم وختي او یا ډېر اوبه ورکول د غنمو په حساسو پراوونو لکه د ګل جوړوني او د دانې د ډکېدنې پر مهال د ضیائي ترکیب کمښت، د ریښو د فعالیت محدودیت او د دانې د وزن ټیټوالی رامنځته کوي، چې دا ټول د حاصل او کیفیت پر کمښت تمامیږي(Si et al., 2023; Zhao et al., 2025).

سربېره پر دې، په دوامدار ډول د دودیزو سیستمونو کارول د خاوري د تخریب او د مالګې د راټولېدو خطر زیاتوي، په ځانګړي ډول په هغو سیمو کې چې تبخیر لوړ او د اوبو د ایستلو سیستمونه کمزوري وي (Shah et al., 2025; Rukhsar et al., 2025). دا حالت د خاوري فزیکي جوړښت خرابوي، د ریښو نفوذ محدودوي او د اوبو او مغذي موادو جذب کموي، چې په پایله کې د فصل اوږدمهاله تولیدي وړتیا له ګواښ سره مخ کېږي (Ṭopa et al., 2025).

له اقتصادي پلوه، دودیز اوبو لګولو سیستمونه که څه هم د تطبیق له پلوه ساده ښکاري، خو په اوږدمهاله توګه د اوبو، انرژۍ او کار ځواک زیات مصرف ته اړتیا لري، چې دا د کرنې اقتصادي موثریت کموي (Rustambek o‘g‘li, 2025; FAO, 2022). د اوبو د زیات مصرف او د حاصل د ناپایداریۍ ترکیب بزګران له اقتصادي خطر سره مخ کوي، په ځانګړي ډول په هغو وچو سیمو کې چې د اوبو لګښت او لاسرسی محدود وي(Ali et al., 2025).

په ټولیزه توګه، د دودیزو اوبو لګولو سیستمونو تخنیکي، فزیولوژیکي، چاپېریالي او اقتصادي محدودیتونه دا خرګندوي چې په وچو او نیمه وچو سیمو کې د غنمو د پایدار تولید لپاره دا سیستمونه بسیا نه دي. له همدې امله، اړتیا ده چې د دودیزو طریقو پر ځای داسې اوبو لګولو ستراتیژۍ تطبیق شي چې د اوبو محدودیت، د فصل فزیولوژي او اقلیمي فشارونه په یو مدغم

چوکاټ کي په پام کي ونيسي، کوم چي دا موضوع د ځيرکو اوبو لگولو سيستمونو د اړتيا علمي بنسټ لا پياوړی کوي(Ahmed et al., 2023; Alharbi et al., 2024).

ځيرک اوبو لگولو سيستمونه

ځيرک اوبو لگولو سيستمونه د پرمختللو تکنالوژيو پر بنسټ رامنځته شوي مدغم د اوبو لگولو چوکاټونه دي چي د خاوري لنده بل، اقليمي شرايط او د نبات فزيولوژي په ريښتيني وخت کي څاري او د دغو معلوماتو پر اساس د اوبو تطبيق په اتومات او دقيق ډول تنظيموي، څو د اوبو محدودي سرچينې په اعظمي موثريت سره وکارول شي (Vallejo-Gómez et al., 2023; Ahmed et al., 2023). دغه سيستمونه د سنسرونو، IoT، اتومات کنترول، Remote Sensing او دقيقي کرنې د وسيلو له لارې د اوبو مقدار، وخت او دوام د فصل د اړتياوو سره همغږي کوي، چي دا کار د اوبو د ضايع کيدو کمښت، د ضيائي ترکيب ثبات او د حاصل د ناپايداری راکمولو لامل گرځي (Kim & Evans, 2009; Belkher et al., 2025). څېړنې ښيي چي په وچو او نيمه وچو سيمو کي د ځيرکو اوبو لگولو سيستمونو تطبيق کولی شي د غنمو د حاصل او د اوبو د کارونې موثريت د پام وړ ډول لوړ کړي، په داسي حال کي چي د دانې کيفيت ساتل يا ښه کول هم تضمينوي (You et al., 2022; Si et al., 2023).سره له دې، د دغو سيستمونو اغېزمنتيا يو شان نه ده او تر ډېره د اقليمي شرايطو، د خاوري ځانگړتياوو، د سيستم د مديريت کچې او د بزگرانو د تخنيکي ظرفيت پورې تړلې ده، چي دا موضوع څرگندوي ځيرکه اوبو لگونه يو واحد او نړيوال حل نه دی، بلکي د سيمه‌ييزو شرايطو سره سم د تطبيق وړ ستراتيژي ده (Ali et al., 2025; Alharbi et al., 2024).

د غنمو پر توليد د ځيرکي اوبو لگوني اغېزې

په وچو او نيمه وچو سيمو کي د ځيرکو اوبو لگولو سيستمونو تطبيق د غنمو د توليد د زياتوالي لپاره مهم علمي شواهد وړاندي کړي دي، ځکه چي دغه سيستمونه د خاوري لنده‌بل، اقليمي شرايط او د نبات فزيولوژي په ريښتيني وخت کي څاري او د اوبو تطبيق د فصل د اړتياوو سره همغږي کوي، چي دا کار د ضيائي ترکيب ثبات، د نبات د فشار کمښت او د حاصل د ناپايداری راکمولو سبب گرځي(You et al., 2022; Si et al., 2023)

Belkher et al. (2025) ښودلې چي د IoT پر بنسټ ځيرکه اوبو لگونه په نيمه وچو شرايطو کي د ژمي د غنمو حاصل او د اوبو د کارونې موثريت دواړه د پام وړ ډول لوړوي، ځکه چي د اوبو مقدار د نبات د ودې له پراوونو سره سم تنظيمېږي. په ورته ډول، Mohamed et al. (2026) راپور ورکړی چي اتوماتيک ځيرک سيستمونه کولای شي د اوبو مصرف 25–35% راکم کړي،

په داسې حال کې چې د حاصل زیاتوالی 15-20% پورې رسېږي، چې دا د تولید د اقتصادي او فزیولوژیکي ثبات خرګند ثبوت دی. له لیرې حس کېدونکي (Remote Sensing) او دقیقې کرنې پر بنسټ څېړنو هم څرګنده کړې ده چې ځیرکه اوبه لګونه د غنمو د حاصل مکاني بدلونونه (د یوې کرنیزې ساحې دننه او د بېلابېلو ساحو ترمنځ د حاصل توپیرونه) او زماني بدلونونه (د ودې د موسم په مختلفو پړاوونو کې د حاصل تغیرات) په څرګند ډول راکموي. دغه سیستمونه د خاوري لندبل او د نبات اړتیاوې په دوامداره توګه څاري او د همدې معلوماتو پر بنسټ اوبه په دقیق ډول تنظیموي، چې په پایله کې د نامنظم اورښت، تودوخې بدلونونو او نورو اقلیمي نابرابریو تر اغېزو لاندې هم د غنمو د تولید ثبات ساتل کېږي (Hakzi et al., 2025; Raza et al., 2025). سره له دې، څېړنې ټینګار کوي چې د تولید دغه مثبتې اغېزې تر ډېره هغه مهال ترلاسه کېږي چې د اوبو لګولو مدیریت د غنمو له حساسو فزیولوژیکي پړاوونو، د خاوري ځانګړتیاوو او سیمه‌ییزو اقلیمي شرایطو سره سم تطبیق شي، ځکه چې ناسم یا ډېر محدود اوبه ورکول کولای شي د حاصل ثبات له خطر سره مخ کړي (Si et al., 2023; Shoukat Hafiza et al., 2025). په ټولیزه توګه، علمي شواهد څرګندوي چې ځیرکه اوبه لګونه د دودیزو سیستمونو په پرتله د غنمو د تولید د زیاتوالي لپاره یو اغېزمن، خو مشروط حل دی، چې بریالیتوب یې د دقیق مدیریت او سیمه‌ییز تطبیق پورې تړلی دی (You et al., 2022; Ali et al., 2025).

د غنمو پر کیفیت د ځیرکي اوبو لګونې اغېزې

د غنمو کیفیت، چې د دانې د وزن، یوشانوالي، د پروټین اندازه او غذایي ترکیب په څېر شاخصونه رانغاړي، د اوبو لګولو د مدیریت له ډول او وخت سره نږدې اړیکه لري، څېړنې ښیي چې د ځیرکي اوبو لګولو سیستمونه کولای شي دغه کیفیتي ځانګړتیاوې په وچو او نیمه وچو سیمو کې د پام وړ ډول ښه کړي (Si et al., 2023). د دقیق او کنترول شوي اوبو تطبیق له لارې د نبات فزیولوژي متوازنه ساتل کېږي، چې دا د دانې د ډکیدو پړاو اوږدوي او د دانې وزن او یوشانوالی لوړوي (You et al., 2022; Zhao et al., 2025).

Li et al. (2025) خرګنده کړې چې که محدود اوبه لګونه (Deficit Irrigation) په دقیق ډول تنظیم شي، د غنمو دانې د پروټین او نشایستې اندازه ښه والی مومي، ځکه چې نبات د انرژۍ او مغذي موادو وېش په اغېزمن ډول تنظیموي. همدارنګه، د Mohamed et al. (2026) څېړنې وښودل چې د IoT پر بنسټ ځیرکي اوبو لګولو سیستمونه د خاوري لنده بل او د نبات فزیولوژیکي حالت په ریښتیني وخت کې تنظیموي، چې دا کار د غذایي عناصرو د جذب ثبات

او د دانې د کيمياوي کيفيت ښه والی تضمينوي. په نيمه وچو شرايطو کي ترسره شوي څېړني هم دا تائيدوي چې دقيق اوبه لگونه د دانې پروټين، وزن او فزيکي يوشانوالی ښه کوي، په داسي حال کي چې د اوبو مصرف تر کنترول لاندي ساتل کېږي (You et al., 2022; Si et al., 2023). سره له دې، علمي شواهد ټينگار کوي چې د کيفيت دغه مثبتي اغېزې يوازي هغه مهال ترلاسه کېږي چې د اوبو فشار د غنمو له حساسو فزيولوژيکي پړاوونو سره همغږی وي، ځکه چې ډېر محدود يا ناسم مديريت کولای شي د دانې وزن او غذايي کيفيت دواړه کم کړي (Li et al., 2025; Shoukat Hafiza et al., 2025). په مجموع کي، ځيرکه اوبه لگونه د غنمو د کيفيت د ښه والي لپاره يو اغېزمنه وسيله ده، چې بريالیتوب يې په دقيق تنظيم او سيمه‌ييز تطبيق پورې تړلی دی (Ali et al., 2025).

د اوبو د کاروني موثريت او اقتصادي اغېزې

په وچو او نيمه وچو سيمو کي د غنمو د باثباته توليد لپاره د اوبو د کاروني موثريت Water Use Efficiency (WUE) يو له مهمو شاخصونو څخه دی او علمي شواهد ښيي چې ځيرک د اوبو لگولو سيستمونه د دوديزو اوبو لگولو طريقو په پرتله د WUE په لوړولو کي څرگند ښه‌والی لري (Al-Ghobari & El Marazky, 2014; Ahmed et al., 2023). د خاوري لنده بل او د اقليمي شرايطو پر بنسټ د اوبو دقيق تطبيق د اوبو ضايع کموي او د هر واحد اوبو په مقابل کي د حاصل اندازه زياتوي، چې دا په مستقيم ډول د کرني فزيولوژيکي او اقتصادي موثريت لوړوي (Belkher et al., 2025; You et al., 2022).

Mohamed et al. (2026) راپور ورکړی چې د IoT پر بنسټ ځيرکي اوبو لگولو سيستمونه کولای شي د اوبو مصرف 25–35% راکم کړي، په داسي حال کي چې حاصل ثابت يا لوړ پاتي کېږي، چې دا د WUE د پام وړ ښه والی څرگندوي. له اقتصادي پلوه، د اوبو، انرژۍ او کار ځواک د مصرف کمښت د توليد لگښتونه راټيټوي او په منځني او اوږدمهاله مهال کي د بزگرانو عايد لوړوي، خو څېړني همدارنگه ټينگار کوي چې د تجهيزاتو لومړنی لگښت، د ساتني اړتيا او د تخنيکي مهارتونو نشتوالی په ډېرو وچو او نيمه وچو سيمو کي د پراخ تطبيق جدي خنډونه جوړوي (Kumar et al., 2023; Ali et al., 2025). له همدې امله، که څه هم ځيرکه اوبو لگولو د WUE او اقتصادي گټې لپاره اغېزمن ظرفيت لري، خو د دې گټو تحقق تر ډېره د سيمه‌ييزو شرايطو، د سيستم د مديريت کيفيت او د پاليسۍ په ملاتړ پورې تړلی دی، چې دا موضوع د اقتصادي او تخنيکي تحليل مدغم ارزوني ته اړتيا لا پسې څرگندوي (Boerger et al., 2021; Alharbi et al., 2024).

پایله

د دې مروري مقالې پایلې ښیي چې ځیرک او دقیق اوبو لګولو سیستمونه په وچو او نیمه وچو سیمو کي د غنمو د تولید، کیفیت او د اوبو د کاروني مؤثریت په ښه کولو کي څرګند او عملي اغیز لري، خو دا اغیزمنتیا مطلقه او یوشان نه ده. د دغو سیستمونو بریالیتوب تر ډیره په دې پورې تړلی دی چې د اوبو لګولو مدیریت څومره د غنمو د فزیولوژیکي اړتیاوو، د ودې له پړاوونو او د سیمې له اقلیمي او خاورین شرایطو سره سم عیار شوی وي. که اوبه په دقیق وخت او مناسب مقدار سره تطبیق شي، نو نبات کولای شي خپل فزیولوژیکي فعالیتونه په متوازن ډول پر مخ یوسي، چې پایله یې د حاصل زیاتوالی، د دانې ښه کیفیت او د اوبو سپما ده. برعکس، ناسم مدیریت که هغه د اوبو زیاتوالی وي او که کمښت کولای شي د نبات پر وده منفي اغیز وکړي او د حاصل ثبات او کیفیت دواړه له خطر سره مخ کړي، چې دا د دې تکنالوژۍ د علمي کاروني اړتیا نوره هم روښانه کوي.

همدارنګه، موندني څرګندوي چې ځیرکه اوبه لګونه یوازې یو تخنیکي حل نه دی، بلکي یو مدغم مدیریت ته اړتیا لري چې تخنیکي، اقتصادي او ټولنیز عوامل په کي په پام کي ونیول شي. که څه هم دغه سیستمونه د اوبو او انرژۍ په سپما او د بزګرانو د عاید په لوړولو کي مهم رول لوبولی شي، خو د لوړ لومړني لګښت، تخنیکي مهارتونو د کمښت او د عملي تطبیق محدودیتونه لا هم د پراخې کاروني پر وړاندې خنډونه جوړوي. له همدې امله، د دې تکنالوژۍ بریالیتوب یوازې په تجهیزاتو پورې نه بلکي د مناسبې روزنې او د سیمه‌ییزو شرایطو سره د تطبیق په کچه پورې تړلی دی. په ټوله کي، ځیرک اوبو لګول هغه وخت کولای شي پایداري پایلې ورکړي کله چې د علمي پوهې، دقیق مدیریت او عملي شرایطو ترمنځ توازن رامنځته شي.

اخځلیکونه

Ahmed, Z., Gui, D., Murtaza, G., Yunfei, L., & Ali, S. (2023). An Overview of Smart Irrigation Management for Improving Water Productivity under Climate Change in Drylands. *Agronomy*, *13*(8), 2113. https://doi.org/10.3390/agronomy13082113

Al-Ghobari, H. M., & El Marazky, M. S. A. (2014). Effect of smart sprinkler irrigation utilization on water use efficiency for wheat crops in arid regions. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, *7*(1), 26–35. Retrieved from https://www.ijabe.org/index.php/ijabe/article/view/676

Alharbi, S., Felemban, A., Abdelrahim, A., & Al-Dakhil, M. (2024). Agricultural and Technology-based strategies to improve water-use efficiency in Arid and Semiarid areas. *Water*, *16*(13), 1842.https://doi.org/10.3390/w16131842

Ali, A., Hussain, T., & Zahid, A. (2025). Smart Irrigation Technologies and Prospects for Enhancing Water Use Efficiency for Sustainable

Agriculture. *AgriEngineering*, *7*(4), 106. https://doi.org/10.3390/agriengineering7040106

Alvino, A., & Marino, S. (2017). Remote Sensing for Irrigation of Horticultural Crops. *Horticulturae*, *3*(2), 40. https://doi.org/10.3390/horticulturae3020040

Belkher, S., Latrech, B., Bekri, W., Markwordt, F., Rahim, M. A., Dupont, C., Ben Abdallah, M. A., Daghari, H., & Rezig, M. (2025). Deficit Irrigation and an IoT-Based System for Improving Yield and Water Use Efficiency of Winter Wheat Grown Under Semi-Arid Conditions. *Agronomy*, *15*(1), 157. https://doi.org/10.3390/agronomy15010157

Boerger, V; Bojic, D; Bosc, P; Clark, M; Dale, D; England, M; Hoogeveen, J; Koo-Oshima, S; Mejias Moreno, P; Muchoney, D; Nachtergaele, F; Salman, M; Schlingloff, S; Unver, O; Vargas, R; Verchot, L; Yigini, Y; Ziadat, F, The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture 2021 – Systems at breaking point, 2021. http://hdl.handle.net/10072/426950

Dai, A. (2013). Increasing drought under global warming in observations and models. *Nature Climate Change,* *3*(1), 52–58. https://doi.org/10.1038/nclimate1633

FAO. (2022). *The state of the world's land and water resources for food and agriculture: Systems at breaking point*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://www.fao.org/documents/card/en/c/cb7654en

Fereres, E., & Soriano, M. A. (2007). Deficit irrigation for reducing agricultural water use. *Journal of experimental botany*, *58*(2), 147-159. https://doi.org/10.1093/jxb/erl165

Hakzi, K., Pareeth, S., Gaznayee, H. A. A., Chukalla, A., Safi, A. R., & de Fraiture, C. (2025). Assessing the spatio-temporal variations of wheat yield and water productivity under centre pivot irrigation systems using open-access remote sensing data. *Agricultural Water Management*, *319*, 109733. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2025.109733

Huang, J., Yu, H., Guan, X., Wang, G., & Guo, R. (2016). Accelerated dryland expansion under climate change. *Nature climate change*, *6*(2), 166-171. https://doi.org/10.1038/nclimate2837

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate Change 2021 – The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press; 2023.

Jägermeyr, J., D Gerten, S Schaphoff, J Heinke, W Lucht and J Rockström. (2016). Integrated crop water management might sustainably halve the global food gap. *Environmental Research Letters*, 11(2), 025002. https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/2/025002

Kheiri, M., Kambouzia, J., Rahimi-Moghaddam, S. *et al.* Effects of agro-climatic indices on wheat yield in arid, semi-arid, and sub-humid regions of Iran. *Reg Environ Change* **24**, 10 (2024). https://doi.org/10.1007/s10113-023-02173-5

Kim, Y., & Evans, R. G. (2009). Software design for wireless sensor-based site-specific irrigation. *Computers and Electronics in Agriculture*, 66(2), 159–165. https://doi.org/10.1016/j.compag.2009.01.007

Kumar, S., Yadav, A., Kumar, A., Hasanain, M., Shankar, K., Karan, S., Rawat, Satyam and Sinha, Alok and Kumar, Vipin and Gairola, Ananaya and Prajapati, Sunil Kumar and & Dayal, P. (2023). Climate smart irrigation practices for improving water productivity in India: A

comprehensive review. *International Journal of Environment and Climate Change*, *13*(12), 333-348. https://doi.org/10.9734/ijecc/2023/v13i123689

Li, L., Mao, Z., Wang, P., Cai, J., Zhou, Q., Zhong, Y., & Wang, X. (2025). Drought priming enhances wheat grain starch and protein quality under drought stress during grain filling. *Journal of Integrative Agriculture*, *24*(8), 2888-2901. https://doi.org/10.1016/j.jia.2024.05.008

Mohamed, Z. E., Afify, M. K., Badr, M. M., & Omar, O. A. (2026). IoT-driven smart irrigation system to improve water use efficiency. *Scientific Reports*. https://doi.org/10.1038/s41598-025-33826-6

Raza, A., Shahid, M. A., Zaman, M., Miao, Y., Huang, Y., Safdar, M., Maqbool, S., & Muhammad, N. E. (2025). Improving Wheat Yield Prediction with Multi-Source Remote Sensing Data and Machine Learning in Arid Regions. *Remote Sensing*, *17*(5), 774. https://doi.org/10.3390/rs17050774

Rukhsar, A., Kanbar, O., Mahmoudi, H., Yousfi, S., Araus, J. L., & Serret, M. D. (2025). *Combined effects of saline irrigation and genotype on the growth, grain yield and mineral concentration of durum wheat in hot arid areas***.** European Journal of Agronomy, 168, 127585. https://doi.org/10.1016/j.eja.2025.127585

Rustambek o‘g‘li, M. D. (2025). Advancing Winter Wheat Production through Optimized Irrigation Systems. *Spanish Journal of Innovation and Integrity*, *42*, 335-340. https://www.sjii.es/index.php/journal/article/view/573

Shah, S. S., van Dam, J., Singh, A., Kumar, S., Kumar, S., Bundela, D. S., & Ritsema, C. (2025). Impact of irrigation, fertilizer, and pesticide management practices on groundwater and soil health in the rice–wheat cropping system—a comparison of conventional, resource conservation technologies and conservation agriculture. *Environmental Science and Pollution Research*, *32*(2), 533-558. https://doi.org/10.1007/s11356-024-35661-0

Shoukat Hafiza, B., Ishaque, W., Ahmad, S., Ali, S., & El-Sheikh, M. A. (2025). Optimizing wheat productivity and water productivity through deficit irrigation strategies in semi-arid environments. *Scientific Reports*, *15*(1), 20630. https://doi.org/10.1038/s41598-025-04618-9

Si, Z., Qin, A., Liang, Y., Duan, A., & Gao, Y. (2023). A Review on Regulation of Irrigation Management on Wheat Physiology, Grain Yield, and Quality. *Plants*, *12*(4), 692. https://doi.org/10.3390/plants12040692

Tang, X., Liu, H., & Zhang, W. (2023). Physiological Characteristics, Crop Growth and Grain Yield of Twelve Wheat Varieties Cultivated in the North China Plain. *Agronomy*, *13*(12), 3041. https://doi.org/10.3390/agronomy13123041

Țopa, D. C., Căpșună, S., Calistru, A. E., & Ailincăi, C. (2025). Sustainable Practices for Enhancing Soil Health and Crop Quality in Modern Agriculture: A Review. *Agriculture; Basel*, *15*(9). https://doi.org/10.3390/agriculture15090998

Vallejo-Gómez, D., Osorio, M., & Hincapié, C. A. (2023). Smart Irrigation Systems in Agriculture: A Systematic Review. *Agronomy*, *13*(2), 342. https://doi.org/10.3390/agronomy13020342

You, Y., Song, P., Yang, X., Zheng, Y., Dong, L., & Chen, J. (2022). Optimizing irrigation for winter wheat to maximize yield and maintain high-efficient water use in a semi-arid environment. *Agricultural Water Management*, *273*, 107901. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.107901

Zhao, Z., Li, Q., Xia, F., Zhang, P., Hao, S., Sun, S., Cui, C., & Zhang, Y. (2025). Optimized Water Management Strategies: Evaluating Limited-Irrigation Effects on Spring Wheat Productivity and Grain Nutritional Composition in Arid Agroecosystems. *Agriculture*, *15*(10), 1038. https://doi.org/10.3390/agriculture15101038

Impacts of Smart Irrigation Systems on Wheat Yield and Quality Enhancement in Arid and Semi-Arid Regions: A Review

Dawlat khan Muslim[1*], Rafiullah Rafi[2], Azizullah Azizi[3]

[1]Academic and Scientific Journals Specialist, General Manager and Publication Layout Designer, Afghanistan National Agricultural Sciences and Technology University, Kandahar, Afghanistan

[2]Department of Agricultural engineering, Plant Sciences Faculty, Afghanistan National Agricultural Sciences and Technology University, Kandahar, Afghanistan

[3]Natural Sciences Specialist, Afghanistan National Agricultural Sciences and Technology University, Kandahar, Afghanistan

[*]Corresponding Author Email Address: dawlatkhanmuslim@gmail.com

Abstract

Wheat is a vital staple crop for food security, particularly in arid and semi-arid regions where water scarcity, climate variability, and inefficient conventional irrigation systems significantly limit crop productivity and grain quality. In recent years, smart irrigation systems have emerged as an advanced technological solution to improve water management and enhance agricultural sustainability. This review critically synthesizes recent research findings on the impacts of smart irrigation technologies, including sensor-based systems, Internet of Things (IoT) applications, and automated irrigation control, on wheat yield, grain quality, and water use efficiency (WUE) under water-limited conditions. Evidence from existing studies indicates that smart irrigation systems improve irrigation scheduling by enabling real-time monitoring of soil moisture and crop water requirements, thereby optimizing water application and reducing losses. As a result, these systems contribute to increased water use efficiency, improved yield stability, and enhanced grain quality attributes such as grain weight and protein content. However, the performance of smart irrigation technologies is influenced by environmental conditions, soil characteristics, wheat genotypes, and management practices, which may limit their universal applicability. Overall, this review highlights that smart irrigation systems represent a promising and adaptable approach for

improving wheat productivity and grain quality in arid and semi-arid environments. Nevertheless, further research is needed to address implementation challenges, cost-effectiveness, and scalability to support wider adoption in developing agricultural systems.

Keywords: Arid and Semi-arid Regions, Smart Irrigation, Traditional Irrigation, Water use Efficiency, Wheat Yield and Quality