

WATER AND LAND PRODUCTIVITY CHALLENGES

Saeed Nairizi¹

General Reporter

Agriculture on an average consumes 70 percent of global water withdrawals and it increases to more than 90 per cent in many parts of semi-dry and dry region of the world. There is not much hope for new water resources to be developed in these regions for agricultural use to cope with the prevailing population growth rate and water demand increase. Therefore, it seems we have reached to the stage that a fresh look to the whole process of water and crop production, from crop actual water requirement to irrigation efficiencies and more importantly, to the agricultural water productivity is necessary.

The intention behind Question 56 of the 21st Congress in Tehran was to provide a forum for the researchers and irrigation scientists to bring about their views and research outcomes in irrigation water productivities, in order to set up a platform for further action by ICID to enhance the agricultural productivity per unit of water and land resources. The Question 56 as “Water and Land Productivity Challenges” was divided to 5 Sub-Questions as below:

Q56.1: Water and land productivity; concepts, indices and targets.

Q56.2: Innovations, technologies and best practices for sustaining and/or increasing water and land productivity.

Q56.3: Productivity of poor quality water for irrigation uses.

Q56.4: Improving crop water productivity under stressed environment.

Q56.5: Irrigation and drainage management improvement.

Out of a large number of Abstracts received, 101 papers were accepted for oral presentation and 98 papers as posters by the Panel Experts and the General Reporter. This is a report presenting the findings and recommendations made by the authors of the papers and some additional comments added by the reviewers as categorized in Sub-Questions.

Q56.1: Water and Land Productivity; Concepts, Indices and Targets

It has been a long history of using the term ‘irrigation efficiency’ as the sole indicator of irrigation performance evaluation. This indicator has been scrutinized by numerous researchers

¹ Vice President Hon., ICID and Managing Director, Toos-AB Consulting Engineers Co., Post Box 91775/1569, Mashad, Tehran, Iran
(E-mail : s.nairizi@toosab.com)

and irrigation scientists to clarify its concepts and validity. Irrigation water productivity has been introduced within the last 20 years as another indicator to demonstrate the efficiency of irrigation performance and also to measure the effectiveness of water consumption in agriculture. However, during the last decade, new concepts have been put forward by different irrigation specialists to improve the applicability and validity of these two irrigation performance indicators to enhance the effective and efficient use of scarce water resources. These topics have been the core of discussion presented in the 20 accepted papers, in this category, for the oral presentation at this congress. The arguments and suggestions have been put together as below for further deliberation.

- The purpose of an irrigation system is to apply the desired amount of water, at the correct application rate and uniformly to the whole field, at the right time, with the least amount of non-beneficial water consumption (losses), and as economically as possible. However, the portion of delivered water that is not consumptively used typically becomes a supply for some other user or ecosystem. Interrupting this flux by improved efficiency has ramifications throughout the water budget, and hydrologists have long recognized this.
- There is a move away from efficiency indicators towards a water balance approach. The water balance approach can be applied at any level, within defined boundaries, or across all levels to assess performance within a complete Water Management Area. . The water balance framework may be the tool that can link the models used in practice to operate irrigation schemes to the legal requirements that have to be met by WUAs in terms of water management plans.
- Time and space view of water management in irrigation systems requires managers and users to understand the significance of the term 'irrigation efficiency' and its component expressing the cause of low or high efficiency as an indicator of performance. Thus while water lost from a farmer's field might be recaptured by drains or aquifer and reused for beneficial purposes elsewhere, this water supplied by canal network is later and/or in lesser quantity available to the neighbor of the farmer. This means the neighbor receives less water or late water – both with implications for his or her productivity.
- Optimised irrigation water supply implies that water must be delivered from the source to the field both efficiently (with the least amount of loss along the supply system) and effectively (at the right time, in the right quantity and of right quality). Optimising water use at farm level requires careful consideration of the implications of decisions made during both development (planning and design), and management (operation and maintenance), taking into account technical, economic and environmental issues.
- High irrigation efficiency does not necessarily mean that irrigation water is used productively. Most irrigation agencies and agricultural research institutes nowadays insist on improving water productivity, in terms of value produced per m³ of water used. The WP criterion may be relatively straightforward in situations where most of the water is provided by irrigation. If the larger part of the water demand comes from rainfall, however, the cropping pattern that provides the highest WP in a year or season with average rainfall are not necessarily the most productive during dry years or dry or wet seasons.

- The concept of WP is contrary to the the concept of WUE; the area (ha) is not a concern in the WP definition, but the summation of all the crops (not crop) values and total water used are important here. In other words, the concept of WUE only should be used for every single crop. When a range of crops are selected, then the concept and index representative here is WP. On this basis, the WP is the crop production (not crop yield) or the crop economical value (benefit or gross) to the volume or value of water used or diverted to the system, respectively.
- The challenge is in fixing the value of numerator and denominator in WP calculation. This especially is critical, when scale of the area increases to basin and national level. This problem will be very complicated for the economical WP, as determination of the economical value of water or its opportunity cost in the denominator of the index, is very difficult and or may be impossible. The economic value of water is better to be studied in each district separately in regional decision making processes and managerial policies. WP is thus a conceptual scientific index than a practical and clearly/easily measured index. Therefore, other relevant indices should be determined and linked to this index.
- Sellers of irrigation equipment and public and private institutions worldwide, frequently support the concept that the efficient use of irrigation water, as well as the profitability of the irrigation practice, lays more on the technical and working characteristics of a given system (i.e., micro) than on the management of the system itself. According to the field experiences, it appears that under actual farming conditions irrigation management is crucial on crop yield and water use.

Recommendation to enhance Water Productivity

- Make the most of direct rainfall; enhance infiltration by protecting the soil from the direct impact of raindrops; aim at achieving a full and dense crop cover;
- Make use of the potential for local storage of surplus rainfall; for overcoming dry spells during growing season;
- If after implementation of 1 and 2, there is still need for additional water to overcome dry spells during the growing season, consider supplemental irrigation from an external source;
- If necessary, shift water allocations from perennial irrigation to supplemental irrigation;
- Consider perennial irrigation only when there is surplus supply available after having met demand for supplemental irrigation;
- Use a differentiated tariff for irrigation water, the tariff depending on the degree of certainty of water delivery. Service levels, including certainty of delivery need to be specified in a service agreement between system users and managers;
- The income obtained from the higher tariffs may be used to subsidize development and operation of supplemental irrigation schemes.
- To achieve sustainability in agriculture, soil science is the starting point for all land based agriculture and to adapt effectively to climate change,

- Allocation of funds for survey and declaration of hydraulic structure (HS) safety development;
- Priorities establishment for funding of operating repair, overhaul, reconstruction of the potential accident structures;
- Substantiation of construction documents development and research on HS safety estimation.

Q56.2: Innovations, Technologies and Best Practices for Sustaining and/or Increasing Water and Land Productivity

In irrigation water productivity, attention is given to crop productivities and some economical implication related to the crop production, but irrigation yields social and economical benefits beyond crop productivity. Irrigation functions can be grouped into three main categories: (1) Livelihood and economic functions, (2) Hydrological cycle and ecosystem functions, and (3) Social and cultural functions. The main issues involved in this approach are: (i) Mechanism of multiple role manifestation (Primary – environment etc; secondary – culture etc.), (ii) Method of quantifying multiple roles, (iii) Method of valuing benefits/ negative impacts, (iv) Approach to enhancing beneficial roles – reuse, circulation etc. (v) use of agricultural land for other purposes – wetlands etc. (vi) policy and trade implications. There is possibility of increasing the water productivity across crops, seasons and locations, by considering such holistic irrigation functionality although it is not an easy task. The papers presented in this sub-topic did not contemplate any other irrigation function but crop productivity; hence this report is limited to the traditional approaches by introducing modern and scientific method of water management to the benefit of crop productivity.

There were comments and recommendations, out of 22 papers accepted for oral presentation and 27 papers as posters, made by the authors through introducing innovation, technology and best practices to the processes of crop production. The application of some models was also presented in the papers which are reported here.

Innovation & technology to improve water productivity

- Automation is one of the main options for improving operations to increase flexibility in irrigation schemes. Proportional, Integral, and Derivative (PID) upstream and downstream control systems are typical examples of automatic control systems, which are suitable for irrigation canals.
- Sustainable lining of canals results in low leakage rate, so overall productivity of available water would be improved. Combined prefabricated waterproofing sheets with concrete linings have been used satisfactorily in these cases.
- Water Delivery System in irrigation distribution with Hydroflume is a way to increase water productivity. Low pressure irrigation system with Hydroflume is a method to increase efficiency of surface irrigation by saving water and energy.
- Alternate furrow irrigation (AFI) could decrease water losses such as deep percolation

and runoff in the fields and increased irrigation efficiency and water use efficiency. AFI caused water saving up to 50 per cent.

- Groundwater deficits in the aquifer can be compensated by artificial infiltration of water from winter runoff surpluses or from treated wastewater so as to increase the effectiveness of used water.
- Direct Seeding into Mulch (DSM) can significantly improve the WUE and save approximately one irrigation compared to Conventional Tillage (CT) system,
- Using paclobutrazol (40 mg l⁻¹) minimizes the negative effects of water stress (60% ETc) with evidence of enhancing leaf water potential by up regulating the endogenous production of proline and antioxidant enzymes like SOD and CAT leading to maximization of fruit yield accompanied with higher WUE.
- Polyethylene mulch helps water consumption decrease, weed control and yield increase of crops. The best treatment of mulch for yield increase, earliness and weed control was full ridge and half furrow.
- Growing mushroom is possible in all climatic conditions with highly efficient use of water and income generation for the farmers. It can be grown throughout the year so water productivity index CPD (Crop per Drop) and NBPD (Net Benefit per Drop) are very high in mushroom industry.

Best Practices

There were also papers related to the best practices that resulted in water productivity enhancement. Examples are presented here:

- Allocation of controllable water supply with high efficiency of irrigation to optimum crop pattern will increase water productivity of agricultural activities. Optimum crop pattern and water allocation will be assumed with mathematical programming models from point of view financial, economical and nutritional pattern indices.

It is very important to have certain elements of incentives for the farmers to enhance their crop production, such as two cases in Uzbekistan where farmers that exceed the planned production levels for cotton and wheat are entitled to keep the excess and thus sell into an 'open' market. The authorities should evaluate farmers' performance against the targets of production, livelihood generation and sustaining the environment.

- Soil structural heterogeneity is important for root system function and for water and salt movement. Structural decline in many irrigated areas is associated with accumulation of sodium in the subsoil, leading to clay dispersion, increased soil water, poor aeration and reduced hydraulic conductivity and results in loss of yields.
- With System of Rice Intensification (SRI) in Korean rice farming water productivity was increased considerably. The reduction of irrigation water in SRI plots over control plots was estimated to 55.6%.
- Updating meteorological parameters together with using new methods of crop water requirement, applying new methods of irrigation, revising water application efficiency and

introducing deficit irrigation in a case study resulted in 30 per cent decrease in the use of surface water resource.

- For water-scarce countries it is recommended to achieve water security by importing water-intensive products instead of producing all water-demanding products domestically. With this pattern, we can minimize exported virtual water content and maximize the benefit obtained from their available water resources.
- Soil surface shaping helps water to be properly distributed on the field. . An example illustrated the real increase in application efficiency from 66% to near 100% when soil surface profile was optimized. The results could be useful when water availability is a limiting factor, because substantial savings of water could be achieved in such cases.

Modeling

A few models related to crop water production are presented in the papers. The two following are the examples:

- Aqua Crop is an explicit and mostly intuitive model, uses a relatively small number of parameters and provides a good balance between simplicity, accuracy and robustness. The applicability of the model for a wide range design parameters, from plant density and planting timing, to quite variable water regimes, to climate change impact analysis, to strategy and tactic management have been investigated and recommended.
- The overall performance of UPFLOW model in simulating actual upward flux from a crop field under variable water-table condition is satisfactory.

Q56.3: Productivity of Poor Quality Waters for Irrigation Uses

Under this theme, 13 oral presentations and 10 posters were accepted. The papers focused on the use of non conventional water resources for irrigation. Some study cases mostly from Iran (only one example on the use of brackish water from El Gassia, Algeria and another from China) were presented. Some papers also dealt with the management of the non conventional water resources, the most suited crops and model applications.

The papers dealt with the following areas:

Water quality

- Use of saline water for irrigation (brackish ground water, agriculture drainage water)
- Use of domestic waste water for irrigation

Water and cop management:

- Use of controlled drainage management (controlling water table) to avoid salinity builds up.
- Use of mixed water qualities to suitable ratios (e.g. surface and ground water), drainage water or waste water.

- Use of salt tolerant crop varieties such as Quinoa.
- Use of different irrigation strategies such as Deficit irrigation including Partial Drying Method, PRD, subsurface irrigation as well as sprinkler irrigation. Sub surface drip or drip-PRD looks more promising when using poor quality water especially waste water. It also uses less water.
- Use of different irrigation systems with varying application efficiencies. Drip irrigation seems the best when using poor quality water.
- Use of saline water and counting on rainfall to leach the accumulated salts in the root zone as part of integrated management of irrigation and rainfall.
- Use of intermittent irrigation with saline water for Rice cultivation. This is proved to be a good method with water salinity below 4 dS/m and irrigating until the field capacity has been reached.
- Using saline water at the most tolerant growth stages. Example, the most tolerant time for Rice was found to be after panicle initiation to the end of ripening. In such case, application of saline water at early stage could cause yield losses.
- Using drip irrigation along the steep lands and evaluation of its performance. The results showed that the efficiency changes according to the slope.

Impact of using non conventional water resources:

- Use of sewage water proved to be a good source of organic N-fertilizer and can improve soil properties.
- Use of gypsum in high Sodium content soils when irrigating with brackish saline water gave good results for wheat –maize rotation.
- The use of saline water with high sodium content can have adverse impact on infiltration and soil properties.

Modeling:

Reliable and successfully tested models can be useful tools for managing water, crop and field. They can be run with “what if” scenarios without conducting expensive field experiments. Examples are:

- Using SALTMED model to successfully simulate yield, dry matter, soil moisture and salinity under Quinoa using deficit irrigation, full irrigation, PRD and subsurface drip irrigation.
- Using SWAP model to run different hypothetical scenarios to simulate soil salinity, leaching requirement and water productivity of wheat.
- Using Decision Support System, DSS to help avoid problems with low quality water.

Climate change impact

- Climate change impact on water resources quantity, and quality was highlighted. Drought will lead to less rain, high evaporation and subsequently high soil salinity. Under drought

conditions, it is expected that the non conventional water resources will be in high demand. Flooding could lead to runoff, erosion, and sediments & chemical transport to streams and groundwater which will lead to a lower water quality.

The socio – economic impact

- Society's acceptance to the use the waste water for irrigation was also discussed in two papers. The results show the societies are still reluctant to use such waters in Iran.

Q56.4: Improving Crop Water Productivity under Stressed Environment

Appropriate tools to increase water productivity through water saving and raising the water use efficiency in all water sectors and in particular the irrigation, which accounts for main portion of global water losses, should be adopted particularly within the water stressed regions. One of the greatest losses in the water scarce semi-arid environment is the free evaporation from the soil surface each time it is wetted. If this soils evaporation component can be reduced then there is more water available for the crop to transpire and so the water productivity should increase. The plant behaviour to water stress is another important consideration needed to be focused while decision is made for irrigation development schemes or in the case of enhancing irrigation water productivity. The plant physiological parameters like leaf water potential, stomata resistance and leaf osmotic potential describe how a crop is adjusting under water stress environment.

There are immense challenges in the areas of technology, management, policy innovation and adaptation, human resources development, knowledge transfers and social and environmental considerations if a positive outcome in water productivity is the objective of responsible public and private organisations .Within the concept of this sub-topic 10 papers was accepted for oral presentation and 13 papers as posters .The authors have reported significant achievements in these respects.

- Improving crop management in terms of timely sowing and optimal fertilizer use, and better pest and disease control is expected to achieve significant increase in the WPET for wheat in Qazvin plain irrigation network.
- For optimum irrigation management and increasing yield and WUE of maize, suggested irrigation interval must be regulated in 6 day in last vegetation growth stage and initial tasseling and 8 day in other growth stage.
- Total crop biomass and WUE was significantly correlated with Deficit Irrigation level with an R² of 0.95 and 0.96, respectively. The results revealed that although the excessive irrigation resulted in higher production, but it reduced crop WUE.
- The water resources saved from deficit irrigation in irrigated field is used for supplementary irrigation in rainfed fields. The supplementary irrigation increases yield, whereas deficit irrigation decreases yield per hectare but the combination of these two approaches is the matter to be considered.
- Irrigation water management's approaches should be adjusted to be compatible with

the measures against the high-temperature injury. . Proper land preparation that includes land leveling and field bunds contributed to the increase in yield as it minimized water loss and washing of nutrients from the irrigated field.

- The analysis in climate change condition showed that the average water productivity in wheat production base of ET, Transpiration and water entering soil profile in period (2011-2040) decreased about 1.52, 2.67 and 3.29 %, respectively, relative to observed normal values.
- Evaporation losses from bare soil can be reduced by using mulch on the soils surface, particularly under a low or no-till situation. A variety of interventions like intercropping and mulching can help to optimise the crop productivity under a water scarce environment. This and other similar information can be used by the farmers to decide on the combination of crops to supply food needs under conditions of low water availability.
- It is important to understand how water stress affects the leaf growth and canopy development, and grain and seed formation as well as the difference between the drought tolerance and drought intolerant crop varieties.
- Using the suitable crop, such as Teff in Ethiopia or Balanites in Egypt, to cope with available limited water resources, large arable land in the water stressed regions in these two countries could be brought under useful cultivation thus significantly increasing the total production.
- Water productivity of cowpea seed was hardly affected by water stress while both beans and chickpea achieved lower seed water productivity when stressed during the mid-season vegetative growth period. Similar results for maize and millet will also be included
- Water stress decreased initial and final fruit set of olive tree significantly, but fruit oil content and water use efficiency were increased under the irrigation level of 75%.

Modeling

Models that simulate the effects of water stress on crop growth and development can be valuable tools in irrigation management several computer models were used by the researches to optimize the use of irrigation water or to obtain the required data for further planning under limited water availability. They reported the following:

- WPT, WPET and WPETQ values for cotton obtained from SWAP-WOFOST were slightly higher than those obtained from AQUACROP model. Soil water reserve and biomass were simulated satisfactorily by both CropSyst and PILOTE models. The models demonstrated their ability to simulate silage maize (*Zea mays* L.) growth and yield reduction caused by water stress under semiarid conditions of Tadla (Morocco). The biomass, leaf area index (LAI) and soil water reserve (SWR) evaluation were also simulated by these models.
- The simulation based optimization framework, OCCASION, was applied in order to compare different deficit irrigation and deficit N-fertilization strategies. The framework applied consists of the tailor-made evolutionary optimization algorithm GET-OPTIS and process-based SVAT-model DAISY for simulating water balance and nitrogen balance. The

results demonstrated that OCCASION can be successfully utilized to obtain the highest WP. Within the optimized treatments, WP was increased up to 30% compared to the full irrigation treatment. The nitrogen use efficiency was highest for the lower N-fertilized treatment.

- Artificial neural network, with multilayer perception structure, and empirical equations Advection–Aridity, Granger and Gray and Combination Equations was adapted successfully to evaluate actual evapotranspiration in comparison with the conventional climatic data based calculation.
- Multi Layer Perception network optimized using Levenberg-Marquardt (MLP_LM) training algorithm with a tangent sigmoid activation function to forecast quantitative values of Standard Precipitation Index (SPI) of drought at five synoptic stations in Iran. The results showed that MLP4 had higher prediction efficiency than did other MLPs.
- The agro hydrological model SWAP3.03 was used for two wheat cultivars “Ghods” and “Rowshan” under different irrigation regimes and water qualities (namely 1.4, 4.5 and 9.6 dS/m). According to the results of this study, SWAP3.03 model is a useful tool to estimate wheat production and water productivity under different levels of water and salinity stress.
- Remote sensing technology can be used in data acquisition from agricultural activities towards the improving crops productivity. Examples are SAVI, MSAVI and PVI which are the most preferred RS indicators for estimation of winter wheat crop coefficient.

Q56.5: Irrigation and Drainage Management Improvement

In this sub-topic 36 papers were accepted for oral presentation and 30 papers as posters. The papers predominantly dealt with the management aspects of irrigation and drainage focusing on the following areas :

Farmer’s participation in management

Farmers’ participation in irrigation management may have different approaches as participatory Irrigation Management (PIM), water users association (WUA) or water user cooperatives (WUC). Irrigation management transfer from government agencies to the farmers are inevitable in most part of the world but there are many constraints, lack of rules and socio- economic limitation, which may hamper development such practices in irrigation projects management. The following recommendation were made by authors of the papers:

- Farmers association should have a strong structure, with proper leadership and prevailing honesty and fairness.
- Training and empowerment of farmers plus institutional capacity development is to be considered.
- Enhancement rewards and promotion would secure the success.
- Farmers’ view, experience and demands should be reflected in all stages of planning, design, implementation and operation.

- Self governing management is done by hiring retired experienced government executives, pay in cash to the farmers involved in operation and use the private contractor services.
- Farmers should be culturally and economically ready for such a change, however each system are to be monitored in technical, organizational and Socio- cultural aspects, and result to be endorsed step by step.
- WUAs are to be supported by modern ICT devices.
- Small scale water resources development may result better in farmers' participation process. But they should be financially supported during the early development stages.

The authors reported positive consequences by implementing PIM. One expects to have production improved, to have less water conflicts, stronger decision making processes and better coping with water scarcity and drought. There are also some reservation about the consistency of success in increasing water productivity and water saving by introducing PIM in irrigation schemes.

Operation and maintenance (OM)

The way that an irrigation scheme is operated and maintained would secure the success or cause failure of the scheme. Considerable recommendations were made in this respect as below:

- Enhancing the design and construction of water infrastructure based upon the existing OM experiences is the key to success. Poorly constructed irrigation system coupled with poor OM would put the sustainability of many schemes at risk.
- Healthy financing OM and proper technical support and sharing some expenses by local government are essential elements of success.
- Appropriate guideline for OM should be provided to be backed up by MIS and effective evaluation and monitoring system particularly in macro schemes.
- Conjunctive use of surface and ground water and constructing farm pounds would facilitate the optimum use of water resources in dry and wet periods.
- SWOT approach can be used to demonstrate, strengths, weaknesses, opportunities and the threats to any irrigation project in order to take appropriate decision.
- Successful OM depend on the suitable change in organization believes and social adaptation.

Modeling

There were quite a few computer models used by the authors to simulate crop- water-soil relationships, drainage and management practices. They reported considerable improvements, in their decision making processes through the use of such models as below:

- System dynamics modeling, Analytical Hierarchy Process (AHP), and TOPSIS Technique were used to investigate the several rehabilitation scenarios and effective criterion on

performance of irrigation network.

- PMBOK Guide has introduced Risk Management Model which was customized to analyze the qualitative risk in water works.
- SWAP and DRINMOD both demonstrate satisfactory results. DRINMOD is gaining attention because of its simplicity, considering various water table management practices and is able to predict drain flow in no-till practice.
- A model was adopted for Gezira scheme in Sudan to correlate water flow and sediment in irrigation canals under changing flow condition and OM scenarios.
- Aqua Crop and also CSM – CERSS – MAIC models can adequately simulate the canopy cover development and grain yields under different irrigation management.
- LP as a part of DSS to incorporate model, data, and knowledge base subsystems has been successfully used in conjunctive water use in India.

Irrigation efficiency

One of the major and controversial issues in irrigation practices is the water application efficiency. Numerous researches have been conducted in this respect, but yet there are many questions to be answered. The following notes are from the papers in this regard.

- Inefficient use of irrigation water, salinization, and water logging are major problems in irrigated land. Lack of systematic monitoring and evaluation of irrigation scheme would exacerbate these constraints. Rehabilitation of such degraded land is also very costly practice.
- Inefficient water utilization is due to technical shortcomings and irrigation mismanagement, such as farmer's incompetence, rising prices of agricultural accessories and workmanship, cultivation mode, cropping pattern and institutional crisis.
- Mechanization of irrigation systems, farm management in the form of cooperative production and land consolidation are the effective actions towards saving irrigation water and improving water productivity.
- Improving irrigation efficiency and irrigation demand management can be adapted by introducing farm storage pond, polyethylene piping and lining of the water conveyance ditches and canals. A part of such saved water can compensate the groundwater reservoirs deficit by reduction of pumping from wells, so the policies of concerned Ministry on derground water conservation will be done without social problem.
- The cooperation and coordination between different ministries and stakeholders (ex. Ministry of Energy and Ministry of Jihad-e-Agriculture in Iran) involved in irrigation management to enhance irrigation effectiveness at national level is important.
- To chalk out Water Education Plans for awareness among people to conserve water in daily life and among farmers for optimal utilization of irrigation water is recommended.
- Measures should be taken to regulate and restrict dividing irrigation lands, and to adopt of corporate style agricultural methods and management of available water resources.

Effective rainfall

The irrigation network management should take necessary measures to use direct rainfalls to fulfill apportion of crops water requirement and reduce water delivery to the farms or irrigation fields. Some recommendation concerning, condition of successful adaptation of these measures and methods for their implementation have been recommended.

Irrigation water quality

Continues increase in water demand has led the decision markers to consider the use of low quality water within their chain of consumption. Saline, brackish and polluted surface and ground water are subject to such decision. For irrigation purposes it is important to define upper limit of any pollutant in water yet to be used with economically and environmentally sound practice. Selecting appropriate water quality indices could facilitate the definition of sustainability of water for any specific irrigation consumption. Few papers considered these topics and presented their research outcomes. Their findings are listed below:

- Electrical conductivity (EC) of water may reveal the extent of many other chemical, biological and turbidity pollutants in water including Na, Mg, Ca, Cl, K, No₃, So₄, Po₄, BOD, COD, TSS, PH. The correlation may be positive and in some cases to be negative.
- Under drought condition EC of surface water increases, so water shortage would be exacerbated.
- Oxidation- Reduction potential of drainage water has direct correlation with soluble P.
- The effect of irrigation and drainage network on environment and water bodies needs to be determined in order to have a sustainable development.
- Oxygenating device fabricated from locally available materials and powered by wind energy is a suitable technique for “Rejuvenation of canal” and improved water quality in India.

Water productivity and benchmarking

- By using appropriate performance indicators of benchmarking it is possible not only to improve the water use efficiency and financial viability of the system but also ensure adoption of best management practices and environmental sustainability in irrigated agriculture systems.
- Benchmarking and then renovation of components leads to substantially enhance the overall water productivity at relatively lesser costs.
- It is recommended to devise a comprehensive water accounting method to provide all details of water receipt and its use. Benchmarking and water auditing has resulted in meaningful application of data, healthy competition among field operator for improving the performance of the irrigation projects.
- Reliable information about soil hydraulic characteristics and their spatial-temporal variability is necessary in precision farming.

Drought

Six constructive suggestions for the government and the irrigation associations to develop water conservation strategies during drought events were made by same authors:

- Investing on irrigation infrastructures and establishing the modern control system.
- Assisting farmers to adopt the modern water-saving irrigation facilities.
- Setting up flexible farming patterns based upon local water resources.
- Formulating rotational irrigation program for fallow areas.
- Promoting the capacity for water transfer during drought events by comprehensive scientific technologies.
- Coordinating with the seasonal rainfall to adjust the irrigation area for the first and secondary rice-crop periods.

General Comments

The authors presented different concepts and definitions concerning irrigation efficiencies and water productivity. These ambiguities and, in some cases, disagreements are due to definitions, uses, and their measured values, especially when these values are to be used for the planning and decisions makings at the macro level. A part of such discrepancy among the experts is due to the way they look at the efficiency or effectiveness of irrigation practice. There is also the question of who is going to benefit from our approach to irrigation. Is it an individual farmer or larger scale we are planning for? The diversity in the terminology of water productivity and different concepts of efficiencies is shown in the examples used by the authors; water productivity, water related productivity, agricultural water productivity, transpiration water productivity, total factor productivity, partial factor productivity, water use efficiency, water use related efficiency, water-application efficiency, irrigation efficiency, classical irrigation efficiency, net or effective irrigation efficiency, economic efficiency, virtual water, and crop virtual water. Even the term of water productivity is defined and used in a variety of ways. Such variety comes from the deference in the aim of improvement of the water productivity, stakeholders concerned and the scale of water domain, that is, which drop of water we are talking about. We now understand there is no single definition that suits all situations.

Regarding the scale, each such scale as plot (field), farm, river basin and nation requires his own definition individually, and the scaling up process is related to complex flow paths of water and creates such a complicating issue that apart from the water used consumptively, the same water may be used several times within the same watershed or river basin through the recycling of drainage or runoff water, or even the use treated wastewater. Moreover, the scale itself is, not always but often, interrelated with other factors such as the aim of use of the concept and the stakeholder. Such scale issues are also strongly related to the range of benefits we are considering. The benefits of agricultural water are often seen and evaluated in terms of direct, crop- productivity related benefits generated at the local level or aggregate, production-related benefits at the national level. The total benefits could be much larger when

indirect benefits generated through water-induced expansion in farm and non-farm activities at the micro/local, meso/regional and macro/national levels are also accounted for.

The aim of improving the productivity of water brings us some discussion how wide range of scope we should consider, saving water, increasing productivity of water, supporting decision process for water allocation, improving irrigation system, managing water efficiently, making a plan for irrigation project, conserving ecosystems, enhancing human welfare, sustainable rural society, or sustainable agriculture? There is a discussion also on the adverse impacts of efficiency in irrigation. Excess of saving water might bring about inequitable distribution of limited water, do harm to villagers who are depending on irrigation water for domestic use, and so forth.

As of stakeholders, there are, for example, farmer, system manager, basin planner and national policy maker, who are concerned at various scales.

When we discuss the productivity of water, we should advocate the key strategy for addressing water-scarcity problems and enhance the productivity of water in agriculture by producing more output with the same amount of water. Productivity, in general, is a ratio of output per unit of input. At field level, depending on how the terms in the numerator and denominator are expressed, water productivity (WP) can be expressed in general physical or economic terms. The term WP is defined as the physical mass of production or the economic value of production measured against gross inflows, net inflow, depleted water, process depleted water, or available water. WP based on physical production mass is simple but useful only for single product cases, whereas monetary indicator is useful where several products, enterprises or multiple uses of water are to be analyzed. WP often deals with physical production mass per volume of the consumed water and it is expressed in kg/m³. At a basin scale, where multiple agricultural systems exist, estimates are often based on economic value of agricultural products and actual water depletion.

To conclude, we should understand there is no single definition that suits all situations. When we analyze (study) the water productivity, we should declare the aim of analyzing (improving) water productivity, and needless to say, we have to define clearly the term of the water productivity that is suitable for achieving the aim, and then, the scale of the water domain, that is, plot (field), farm, river basin or national level because the efficiency of the water irrigated is associated with the different parts of the water delivery system, that is, from the source of water to the soil profiles.

Efficiency of the water use in irrigated areas affects the economics of irrigation, the amount of water needed to irrigate a specific land area, the spatial uniformity of the crop and its yield, the amount of water that might percolate beneath the crop root zone, the amount of water that can return to surface sources for downstream uses or to groundwater aquifers that might supply other water uses, and the amount of water lost to unrecoverable sources (salt sink, saline aquifer, or ocean).

Popularly used WP based on crop output does not capture the full range of benefits and costs associated with agricultural water use. Efforts should be directed not only at increasing the water productivity in terms of mass of output per unit of water, but also the overall benefits or value of water at various levels for larger growth and poverty alleviation impacts, considering the sustainability of the systems.

In spite of all these considerations which make the reaching to some conclusion difficult; there were, however, general agreements within the authors' views, which can be a platform to start a fresh look at the concepts of irrigation from the technical, economical, management and environmental consideration. We could conclude that:

- a. Irrigation efficiencies should be studied and recommended for planning and decision making based on basin water balance rather than measurement at the farm level
- b. Irrigation water productivity (IWP) is a promising tool to evaluate the effectiveness of water allocated to agriculture from economical and environment consideration particularly within the water stressed region.
- c. The definition of IWP should be tabled and recommend upon the different objectives, and scales
- d. Evaporation from the field is an actual water loss within the irrigation schemes, which is not recoverable. So attempts should be directed to the technology and management of irrigation planning and operation to minimize such water losses.
- e. The concept of crop water requirement needs to be reconsidered with the aiming to focus on the actual water consumed by crops. Irrigation technology should be diverted to the systems to minimized the real water losses and hence moving towards more water productivity.
- f. It is very important to realize that irrigation is only a part of crop production process. In order to have high water productivity there are other important key players in this process which should be aligned with irrigation technology and management if one wants to improve IWP. The examples are, proper agro technology, improving the soil condition, better seeds, appropriate fertilization, and above all the importance of farm management is to be emphases.

There are great rooms for ICID Working Groups to bring these issues in their agenda, to have more effective contribution to the global food security through improving economical and physical irrigation water productivity

Acknowledgment

I would like to acknowledge my great appreciation for excellent collaboration of all panelist and Session Chairman's; Dr, Yohei Sato for Q56.1, Dr.M.N. Bhutta for Q56.2, Dr. Ragab Ragab for Q56.3, Dr. Bharat Sharma for Q56.4, and Dr. James E. Ayars for Q56.5 in the process of selecting the papers and preparation of this report which I have used their comments and views.

DEFIS QUI SE POSENT A LA PRODUCTIVITE DE L'EAU ET DE LA TERRE

Saeed Nairizi¹

Rapporteur Général

L'agriculture consomme en moyenne 70 pour cent des prélèvements d'eau, cette quantité augmente à plus de 90 pour cent dans nombreuses parties de la région semi-aride et aride du monde. Il n'existe pas de possibilité de développer de nouvelles ressources en eau dans ces régions pour buts agricoles en vue de satisfaire la demande en eau de la population qui s'accroît. Il semble donc que nous arrivions à une situation où il nous faut étudier tout le processus de production de l'eau et de l'agriculture compte tenu des besoins effectifs en eau d'irrigation et en particulier de l'agriculture.

La Question 56 du 21^{ème} Congrès de Téhéran offre l'occasion d'un forum pour les chercheurs et les scientifiques d'irrigation en vue de leur permettre d'exprimer leurs points de vue et de donner leurs avis sur les résultats de recherche en matière de productivité de l'eau d'irrigation, et ce en vue de donner lieu à un forum permettant à la CIID de travailler davantage pour accroître la productivité agricole par unité des ressources en eau et en terre. La Question 56 « Défis qui se posent à la productivité de l'eau et de la terre » est divisée en cinq sous-sujets comme sous-visés:

Q. 56.1: Productivité de l'eau et de la terre : Concepts, Indices et Analyse

Q. 56.2: Innovations et Technologies/Techniques pour accroître la productivité de l'eau et de la terre

Q. 56.3 : Productivité des eaux marginales en irrigation

Q. 56.4 : Amélioration de la productivité de l'eau agricole dans le cadre de stress hydrique

Q. 56.5 : Amélioration de la gestion d'irrigation et de drainage

Sur le total d'un grand nombre de résumés reçus, 101 rapports ont été retenus pour présentation orale, et 98 rapports pour présentation à titre d'affiche par les experts du Panel et le Rapporteur Général. Il s'agit d'un rapport qui présente les résultats d'étude et des recommandations faites par les auteurs des rapports, d'autres commentaires y étant ajoutés par les experts chargés de revue comme indiqués dans les sous-sujets.

¹ Vice President Hon., ICID and Managing Director, Toos-AB Consulting Engineers Co., Post Box 91775/1569, Mashad, Tehran, Iran
(E-mail : s.nairizi@toosab.com)

Q. 56.1 : Productivité de l'eau et de la terre : Concepts, Indices et Analyse

Il s'agit d'une longue histoire de l'utilisation de terme « l'efficience d'irrigation », en tant que le seul indicateur de l'évaluation de la performance d'irrigation. Cet indicateur a été examiné par nombreux chercheurs et scientifiques d'irrigation pour en préciser le concept et la validité. La productivité de l'eau d'irrigation fut introduite dans l'intervalle de 20 ans, en tant qu'un autre indicateur pour démontrer l'efficience de la performance d'irrigation et également pour mesurer l'efficience de la consommation d'eau agricole. Cependant, au cours de la dernière décennie, nouveaux concepts ont été présentés par divers spécialistes d'irrigation pour améliorer l'application et la validité de ces deux indicateurs de performance d'irrigation pour accroître l'utilisation efficace et efficiente des ressources en eau rares. Ces sujets ont fait l'objet de débat engagé dans les 20 rapports qui ont été acceptés dans cette catégorie pour présentation orale. Ces arguments et ces propositions ont été amalgamés comme suit pour d'autres délibérations:

- Le but du système d'irrigation est d'appliquer la quantité d'eau requise au taux d'application et d'uniformité exacte, dans toute la parcelle et à temps approprié, avec la moindre consommation d'eau non bénéfique (pertes), et de manière aussi économique que possible. Cependant, la partie de l'eau délivrée qui n'est pas utilisée typiquement et de manière conjointe, constitue une source pour d'autres usagers ou pour l'écosystème. Le fait d'interrompre ce flux par l'amélioration de l'efficience a des conséquences sur tout le budget de l'eau, ce fait étant reconnu par les hydrologues depuis longtemps.
- Il s'agit d'un écart au-delà des indicateurs de l'efficience vers une approche du bilan hydrique. L'approche du bilan hydrique peut être appliquée à tout niveau dans la limite définie ou à tout niveau pour évaluer la performance dans l'ensemble du processus de gestion d'eau. Le cadre du bilan hydrique peut être un outil permettant de lier les modèles utilisés en pratique pour exploiter les projets d'irrigation en conformité avec les besoins juridiques devant être satisfaits par les Associations des Usagers d'eau dans le cadre de planification et de gestion d'eau.
- L'analyse de la gestion d'eau dans le temps et dans l'espace dans le système d'irrigation exige que les gestionnaires et les usagers comprennent la signification de l'expression « l'efficience d'irrigation » et de sa composante indiquant la cause de la hausse et de la baisse de l'efficience en tant qu'un indicateur de performance. Ainsi, alors que l'eau perdue dans des champs des fermiers peut être récupérée par les drains ou les aquifères, et réutilisée ailleurs pour but bénéfique, cette quantité d'eau fournie par le réseau des canaux est disponible au voisin des fermiers plus tard et/ou en moindre quantité. Cela signifie que le voisin reçoit moins d'eau ou une quantité d'eau qu'il lui arrive plus tard, tout les deux ayant une implication pour sa productivité.
- L'optimisation de la fourniture de l'eau d'irrigation implique que l'eau doit être apportée au champ à partir des sources de manière efficiente (avec très peu de perte au cours du transit) et de manière efficace (en temps réel et en quantité et qualité requise). L'optimisation de l'utilisation d'eau au niveau de la ferme exige une étude soigneuse des implications des décisions prises dans le processus de développement (planification et conception) et de gestion (exploitation et maintenance), compte tenu des aspects techniques, économiques et environnementaux.

- La haute efficacité d'irrigation ne signifie pas nécessairement que l'eau d'irrigation est utilisée de manière productive. La plupart des agences d'irrigation et des instituts de recherche agricole insistent maintenant sur l'amélioration de la productivité de l'eau par rapport à la valeur réalisée par m³ d'eau utilisée. La question de critère de la productivité de l'eau (WP) peut être relativement simple dans les situations où la bonne part de l'eau est fournie par l'irrigation. Si la bonne part de la demande en eau provient des précipitations, le modèle des cultures qui fournit la plus haute productivité de l'eau dans une année ou une saison ayant une précipitation moyenne n'est pas nécessairement le plus productif dans les années arides ou les saisons arides et humides.
- Le concept de la productivité de l'eau (WP) est contraire au concept de l'utilisation efficace de l'eau (WUE). La superficie (ha) n'intervient pas dans la définition de WP, mais l'ensemble de la valeur des cultures et la quantité totale de l'eau utilisée sont des facteurs importants. En d'autres termes, le concept de WUE doit être utilisé pour chaque culture unique. Dès qu'une série de cultures fut sélectionnée, le facteur représentatif du concept et de l'indice est le WP. Compte tenu de cela, le WP représente la production culturale (non le rendement des cultures) ou la valeur économique des cultures (bénéfice ou valeur en gros) par rapport au volume ou à la valeur d'eau utilisée ou apportée au système respectivement.
- Le défi est la détermination de la valeur du numérateur et du dénominateur dans le calcul de WP. Il s'agit d'une question critique quand la superficie augmente au niveau du bassin et au niveau national. Ce problème sera compliqué davantage quand il s'agit de WP économique; car la détermination de la valeur économique de l'eau ou son coût d'opportunité dans le dénominateur de l'indice est très difficile et/ou peut s'avérer être impossible. Il vaut mieux d'étudier la valeur économique de l'eau dans chaque district séparément dans le processus de décision régional et des politiques de gestion. Ainsi, le WP est un indice conceptuelle scientifique plutôt qu'un indice pratique pouvant être évalué clairement / facilement. Il est donc nécessaire que d'autres indices y relatifs soient déterminés ou associés à cet indice.
- Les vendeurs des équipements d'irrigation et les institutions publiques et privées dans le monde soutiennent fréquemment le concept – celui de l'utilisation efficace de l'eau d'irrigation et également l'avantage de la pratique d'irrigation, mettant plus d'accent sur les caractéristiques techniques et d'exploitation d'un système donné (par exemple, micro irrigation) que la gestion du système lui-même. Selon les expériences acquises au champ, il apparaît que dans les conditions d'exploitation effectives, la gestion d'irrigation joue un rôle crucial dans le contexte du rendement et de l'utilisation d'eau.

Recommandations pour accroître la productivité de l'eau

- Utiliser la bonne part de précipitation directe; accroître l'infiltration en protégeant le sol contre l'impact direct des gouttes de pluie; chercher à couvrir totalement la culture.
- Utiliser le potentiel de stockage local des précipitations excédentaires pour éviter l'impact du climat sec lors de la saison des pousses.
- Si, suite à la mise en oeuvre des recommandations 1 et 2, il est constaté qu'il est

nécessaire d'avoir plus d'eau pour surmonter l'impact du climat sec lors de la saison des pousses, il sera nécessaire d'avoir recours à l'irrigation d'appoint à partir des sources externes.

- Si nécessaire, passer à l'irrigation d'appoint à partir de l'irrigation pérenne.
- Etudier la possibilité d'irrigation pérenne seulement quand il y a un excédent d'eau disponible après avoir satisfait la demande d'irrigation d'appoint.
- Utiliser des tarifs différents pour l'eau d'irrigation, ceci compte tenu de la certitude d'apport d'eau. Le niveau de services, y compris la certitude dans l'apport d'eau doit être spécifié dans le cadre d'un accord convenu entre les usagers du système et les gestionnaires
- Les recettes perçus à partir des tarifs élevés peuvent être utilisées pour subventionner le coût de développement et d'exploitation des projets d'irrigation d'appoint.
- Pour atteindre le niveau de durabilité, il est constaté que la science du sol est le point de départ pour toute l'agriculture à base de terre; une adaptation efficace au changement climatique sera nécessaire.
- Allocation de fonds pour l'enquête sur le développement de sécurité des structures hydrauliques et la déclaration y relative.
- Priorité à accorder au financement des réparations associées à l'exploitation, à la reconstruction éventuelles des structures endommagées.
- Authentification de la préparation des documents de construction et de recherche sur l'évaluation des mesures de sécurité des structures hydrauliques.

Q. 56.2: Innovations et Technologies/Techniques pour accroître la productivité de l'eau et de la terre

En matière de productivité de l'eau d'irrigation, une attention est accordée à la productivité des cultures et à des implications économiques associées à la production culturale; mais, l'irrigation produit des avantages sociaux et économiques au-delà de la productivité des cultures. Les fonctions d'irrigation peuvent être groupées dans 3 principales catégories : (1) moyens de vie et fonctions économiques, (2) cycle hydrologique et fonctions de l'écosystème, (3) fonctions sociales et culturelles. Suivent les principaux aspects de cette approche : (i) mécanismes de la manifestation du rôle multiple (primaire – environnement etc., secondaire – culture etc.), (ii) méthode de quantification des rôles multiples, (iii) méthode d'évaluation des avantages/impacts négatifs, (iv) moyens d'accroître les rôles bénéfiques – réutilisation, circulation etc., (v) utilisation des terres agricoles pour d'autres buts – terres marécageuses etc., (vi) implications politique et commerciale. Il existe des possibilités d'augmenter la productivité de l'eau au cours de la période des cultures, des saisons et selon les lieux, compte tenu d'une telle irrigation holistique et de son fonctionnement, ceci n'étant pas une tâche facile. Les rapports présentés dans le cadre de ce sous-sujet n'envisagent pas d'autres fonctions d'irrigation mais seulement la productivité des cultures. Ainsi, ce rapport est donc limité à des approches traditionnelles où sont utilisées des méthodes modernes et scientifiques de gestion d'eau pour accroître la productivité agricole.

Des commentaires et des recommandations ont été faits sur les 22 rapports acceptés pour présentation orale et 27 pour présentation d'affiche – rapports établis par les auteurs ont y introduisant des innovations, des technologies et des meilleures pratiques pour l'amélioration de la productivité agricole. Le rapport évoque également l'application de quelques modèles.

Innovation et technologie pour améliorer la productivité d'eau

- L'Automatisation est l'une des principales options pour améliorer l'exploitation en vue d'accroître la flexibilité dans les projets d'irrigation. Les systèmes de commande proportionnel, intégral et dérivatif au niveau amont et aval sont des exemples types des systèmes automatiques, qui conviennent à l'irrigation par canaux.
- Le revêtement durable des canaux donne lieu à un moindre taux de fuite, ainsi l'ensemble de la productivité de l'eau disponible sera amélioré. Une structure étanche d'eau préfabriquée utilisée en combinaison avec les revêtements des bétons a été utilisée de manière satisfaisante dans ces cas.
- Le système d'apport d'eau d'irrigation associé à « l'hydroflume » est un moyen d'accroître la productivité de l'eau. Le système d'irrigation à basse pression à l'hydroflume est une méthode utilisée pour accroître l'efficacité d'irrigation de surface en économisant l'eau et l'énergie.
- L'irrigation alternative par sillons (AFI) permettra de réduire les pertes d'eau telles que la percolation profonde et le ruissellement dans les parcelles, et d'augmenter l'efficacité d'irrigation et d'utilisation d'eau. Le système AFI a permis d'économiser l'eau au niveau de 50 pourcent.
- Il est possible de compenser le déficit en eau souterraine de l'aquifère par l'infiltration artificielle de l'eau à partir de l'excédent des eaux hivernales de ruissellements ou à partir des eaux perdues traitées pour accroître l'efficacité des eaux usées.
- La semence directe dans les paillis pourra améliorer l'efficacité d'utilisation d'eau (WUE) de manière significative et éviter approximativement une irrigation par rapport au système de culture conventionnel (CT).
- L'utilisation de paclobutrazol (40 mg l⁻¹) réduit au minimum l'effet négatif du stress hydrique (60% ETc), ce qui met en évidence la possibilité d'accroître le potentiel de l'eau foliaire en régulant la production de proline et les enzymes antioxydants tels que SOD et CAT menant ainsi à accroître au maximum la production des fruites et à une haute efficacité de WUE.
- Le paillis polyéthylène permet de réduire la consommation de l'eau, la croissance des mauvaises herbes et d'augmenter les rendements des cultures. Le meilleur traitement de paillis par la méthode de l'ensemble de sillons et la moitié de billons est utilisé pour accroître le rendement, la précocité et pour réduire la croissance des mauvaises herbes.
- Il est possible qu'il y ait une croissance des champignons dans toutes les conditions climatiques quand l'eau est utilisée de manière plus efficiente donnant lieu à un revenu aux fermiers. Les champignons peuvent être cultivés tout au long de l'année; ainsi les indices CPD (culture par goutte) et NBPD (bénéfice net par goutte) de la productivité de l'eau sont plus élevés dans l'industrie des champignons.

Meilleures pratiques

Il y avait également des rapports sur les meilleures pratiques utilisées pour accroître la productivité de l'eau. Des exemples en sont donnés ici :

- A• L'allocation d'eau contrôlable ayant une haute efficacité d'irrigation pour réaliser l'assolement optimum pourra accroître la productivité de l'eau agricole. Il sera possible de réaliser l'assolement optimum et l'allocation d'eau en utilisant les modèles de programmation mathématique du point de vue financier, économique et nutritionnel.

Il est très important d'avoir certains éléments pouvant encourager les fermiers pour accroître la production des cultures : deux cas sont évoqués en Ouzbékistan où il a été possible aux fermiers de dépasser le niveau de production prévue pour le coton et le blé ; ainsi, ils ont le droit de garder l'excédent et de le vendre dans le marché « ouvert ». Il est nécessaire que les autorités envisagent d'évaluer la performance des fermiers par rapport à la cible de production, au moyen de vie et à la durabilité de l'environnement.

- L'hétérogénéité de la structure du sol est importante pour le fonctionnement du système racinaire et pour le mouvement de l'eau et du sel. Une défaillance structurelle est constatée dans nombre de régions irriguées ce qui est dû à l'accumulation du sodium dans le sous-sol menant à la dispersion de limon, à l'augmentation de l'eau du sol, à une faible aération et à une conductivité hydraulique très réduite, conduisant également à la perte des rendements.
- Avec le système d'intensification du riz (SRI) dans les fermes coréennes, il était possible d'accroître la productivité de l'eau de manière considérable. La réduction d'eau d'irrigation dans les lots SRI par rapport aux lots contrôlés était de 55,6%.
- Les récents paramètres météorologiques accompagné de nouvelles méthodes des besoins en eau de culture, l'application de nouvelles méthodes d'irrigation, la revue de l'efficacité d'application de l'eau, et l'intervention de l'irrigation déficitaire dans une étude de cas ont mené à une réduction de 30% dans l'utilisation de l'eau de surface.
- Dans les cas des pays où les ressources en eau sont rares, il est recommandé de rechercher la sécurité de l'eau en y important les équipements à haute production d'eau au lieu de produire sur le lieu ces mêmes équipements. De cette façon, il sera possible de minimiser l'exportation de l'eau virtuelle et d'augmenter le bénéfice obtenu à partir des ressources en eau disponibles.
- La forme de la surface du sol permet à l'eau d'être distribuée à la parcelle de manière appropriée. Un exemple est donné pour expliquer l'augmentation réelle dans l'efficacité d'application du niveau de 66% au niveau de 100%. Quand le profil de la surface du sol est optimisé, les résultats peuvent être utiles quand la disponibilité de l'eau est un facteur limité, car il sera possible de réaliser une économie considérable de l'eau dans ces cas.

Modélisation

Les rapports présentent quelques modèles relatifs à la production d'eau agricole. Deux exemples suivants sont donnés ici :

- L'AquaCrop est un modèle explicite et plus prudent, qui utilise très peu de paramètres, et fournit un meilleur bilan entre la simplicité, la précision et l'encombrement. L'application de ce modèle dans un grand nombre de paramètres de conception (depuis la densité des plantes et le temps de plantation jusqu'aux divers régimes hydriques variables, à l'analyse de l'impact du changement climatique, à la stratégie de gestion tactique), tout ceci doit être étudié avant de faire des recommandations.
- L'ensemble de la performance du modèle UPFLOW est satisfaisante dans la simulation du flux effectif au niveau de la parcelle dans différentes conditions de la nappe phréatique.

Q. 56.3 : Productivité des eaux marginales en irrigation

Dans le cadre de ce thème, 13 présentations orales et 10 présentations d'affiche ont été acceptées. Tous ces rapports ont mis l'accent sur l'utilisation des ressources en eau non conventionnelle en irrigation. Quelques études de cas, notamment de l'Iran (seul un exemple de l'utilisation des eaux saumâtres d'El Gassia, Algérie et un autre de la Chine) ont été présentées. Quelques rapports ont également porté sur la gestion des ressources en eau non conventionnelle, les cultures qui conviennent mieux et l'application des modèles.

Les rapports portent sur les sujets suivants :

Qualité de l'eau

- Utilisation des eaux salées en irrigation (eau saumâtre souterraine, eau de drainage agricole).
- Utilisation des eaux perdues en irrigation.

Gestion d'eau et des cultures:

- • Utilisation de la gestion de drainage contrôlé (contrôle de la nappe phréatique) pour éviter la salinité.
- Utilisation des eaux de qualité mixte au taux convenable (eau de surface et eau souterraine), eau de drainage ou eau perdue.
- Utilisation des variétés des cultures tolérantes en sel telles qu'Quinoa.
- Utilisation des diverses stratégies d'irrigation déficitaire, y compris la méthode de séchage partielle, PRD, l'irrigation souterraine et l'irrigation par aspersion. Le système goutte à goutte souterraine ou le système goutte PRD s'avèrent plus encourageants quand on utilise les eaux marginales notamment les eaux perdues. Ce système consomme moins d'eau.
- Utilisation des systèmes d'irrigation différents ayant une efficacité d'application variée. Le système d'irrigation goutte à goutte s'avère être le meilleur quand on utilise les eaux marginales.
- Utilisation des eaux salées et des précipitations pour le lessivage des sels accumulés à la zone racinaire dans le cadre de gestion intégrée de l'irrigation et de précipitation.

- Utilisation de l'irrigation intermittente à l'eau salée pour la culture du riz. Cette méthode s'avère être bonne, la salinité de l'eau étant de 4 dS/m, l'irrigation étant effectuée jusqu'à la pleine capacité du champ.
- Utilisation des eaux salées au stade de croissance tolérant au sel. Exemple : il est remarqué que le temps qui tolère mieux le sel (riz) est celui qui correspond après l'initiation de « panicle », c'est-à-dire jusqu'à la fin de la période de mûrissons. Dans ce cas, l'application de l'eau salée tout au début pourra mener à la réduction du rendement.
- Utilisation de l'irrigation goutte à goutte sur les terres en pente et évaluation de sa performance. Les résultats ont montré qu'il y a un changement dans l'efficacité selon les pentes.

Impact de l'utilisation des ressources en eau non conventionnelle:

- L'utilisation des eaux d'égout s'est avérée être une bonne source des fertilisants organiques azotés, ce qui peut améliorer les propriétés du sol.
- L'utilisation du gypse dans les terres à teneur en soude très élevée quand on irrigue à l'eau salée saumâtre, a donné de bons résultats dans l'assolement blé-mais.
- L'utilisation des eaux salées à teneur en soude élevée pourra exercer un impact adverse sur l'infiltration et les propriétés du sol.

Modélisation

Les modèles fiables testés avec succès peuvent être utiles pour la gestion d'eau, des cultures et des parcelles. Ces modèles peuvent être utilisés facilement sans faire des expérimentations dispendieuses sur le champ. Exemples :

- Utilisation du modèle SALTMED pour simuler avec succès le rendement, les matières sèches, la teneur en eau du sol et la salinité dans le système Quinoa qui utilise l'irrigation déficitaire, l'irrigation totale, le PRD et l'irrigation goutte à goutte souterraine.
- Utilisation du modèle SWAP dans différents scénarios hypothétiques pour simuler la salinité du sol, les besoins en lessivage et la productivité hydrique du blé.
- Utilisation du Système d'aide à la décision (DSS) pour éviter les problèmes de l'eau de basse qualité.

Impact du changement climatique

- Cet aspect évoque l'impact du changement climatique sur la quantité et la qualité des ressources en eau. La sécheresse donne lieu à très peu de précipitation, une haute évaporation et par la suite une haute salinité du sol. Dans les conditions de sécheresse, il est espéré qu'il y ait une forte demande pour les ressources en eau non conventionnelle. Les crues peuvent provoquer des ruissellements, l'érosion et le transport des sédiments et des produits chimiques vers les cours d'eau et les eaux souterraines, ce qui peut mener à la basse qualité de l'eau.

Impact socio-économique

- Deux rapports discutent également l'utilisation des eaux perdues pour l'irrigation reconnue par la société. Les résultats montrent que la société hésite encore à utiliser de telles eaux en Iran.

Q. 56.4: Amélioration de la productivité de l'eau agricole dans le cadre de stress hydrique

Des outils appropriés doivent être adoptés particulièrement dans les régions à stress hydrique pour accroître la productivité de l'eau par la conservation de l'eau et l'augmentation de l'efficacité de l'utilisation de l'eau dans tous les secteurs, notamment en irrigation qui compte beaucoup plus pour les pertes en eau au niveau global. L'une des grosses pertes dans l'environnement semi-aride où l'eau est rare, est la libre évaporation de la surface du sol chaque fois que ce dernier est mouillé. Si cette composante de l'évaporation du sol peut être réduite, il y aura plus d'eau pour la transpiration des cultures; et ainsi la productivité de l'eau doit augmenter. La réaction des plantes au stress hydrique est un autre facteur important qui doit être pris en compte pour la prise de décision dans le développement des projets d'irrigation ou au cas où il faut augmenter la productivité de l'eau d'irrigation. Les paramètres physiologiques de l'eau tels que le potentiel de l'eau foliaire, la résistance des stomates, et le potentiel osmotique foliaire, décrivent comment une culture s'adapte à l'environnement à stress hydrique.

De gros défis se posent dans le domaine de technologie, de gestion, d'innovation politique, d'adaptation, de développement des ressources humaines, de transfert des connaissances ainsi que des facteurs environnementaux si un résultat positif dans la productivité de l'eau est l'objectif des organisations publiques et privées responsables. Dans le cadre de ce sujet, 10 rapports ont été acceptés pour présentation orale et 13 pour présentation d'affiche. Les auteurs ont indiqué que des réalisations significatives avaient été accomplies dans ces domaines.

- L'Amélioration de la gestion des cultures par rapport à la semence faite à temps utile, l'utilisation optimale des fertilisants et l'utilisation des pesticides pour le contrôle des agents pathogènes peuvent augmenter de manière significative le WPET du blé dans le réseau d'irrigation de la plaine de Qazvin.
- Pour la gestion d'irrigation optimale et pour l'augmentation du rendement et du WUE du maïs, il est nécessaire de réguler les intervalles d'irrigation proposés tous les 6 jours dans le dernier stade de croissance végétatif, le stade initial de formation de glands et tous les 8 jours dans d'autres stades de croissance.
- La biomasse totale de culture et le WUE ont été corrélés avec le niveau d'irrigation déficitaire ayant un R² de valeur respective de 0,95 et 0,96. Les résultats ont montré que quoique l'irrigation excessive ait donné une haute production, cela a réduit le WUE des cultures.
- Les ressources en eau économisées à partir de l'irrigation déficitaire sont utilisées

pour l'irrigation de complément dans les champs arrosés par les pluies. L'irrigation de complément augmente le rendement alors que l'irrigation déficitaire réduit le rendement par ha. Mais, il est recommandé de faire une combinaison de ces deux approches pour meilleur résultat en cette matière.

- Il est nécessaire d'ajuster les approches de gestion de l'eau d'irrigation pour les rendre compatibles avec les mesures envisagées pour protection contre les hautes températures. L'aménagement approprié des terres qui comportent le nivellement et les barrages des champs ont contribué à l'augmentation du rendement, ce processus pouvant minimiser la perte d'eau et l'évacuation des produits nutritifs contenu dans l'eau d'irrigation.
- L'analyse des conditions du changement climatique a montré que la productivité moyenne de l'eau pour le blé, la base de production de l'ET, la transpiration et l'eau qui entre dans le profile du sol (période 2011-2040) ont décliné respectivement au niveau de 1,52, 2,67 et 3,29% par rapport aux valeurs normales observées.
- Les pertes d'évaporation du sol nu peuvent être réduites en utilisant le paillis sur la surface du sol labouré ou non. Diverses interventions telles que l'utilisation des cultures mixtes et l'utilisation des paillis peuvent aider dans l'optimisation de la productivité des cultures dans le cas d'environnement à stress hydrique. Ces informations ainsi que d'autres peuvent être utilisées par les fermiers pour combiner diverses cultures pour assurer l'approvisionnement alimentaire quand l'eau est disponible en quantité limitée.
- Il est nécessaire de comprendre comment le stress hydrique affecte la croissance des feuilles, le développement des canopée, la formation des graines de semence ainsi que la différence entre les cultures qui tolèrent la sécheresse et les cultures qui ne le font pas.
- Avec l'utilisation des cultures convenables telles que le Teff (Ethiopie) ou les Balanites (Egypte) dans le cas des ressources en eau limitées, il sera possible de cultiver de manière utile les vastes terres arables dans ces deux pays à stress hydrique pour accroître la production totale.
- La productivité de l'eau pour la graine de dolique était à peine affectée par le stress hydrique alors que les haricots et les pois chiche ont connu une basse productivité de l'eau lors de la mi-saison végétative à stress hydrique. Des résultats similaires seront également inclus pour le maïs et le millet.
- Le stress hydrique a décliné la série initiale et finale des fruits d'olivier, mais la teneur en huile et l'efficacité d'utilisation d'eau ont augmenté avec le niveau d'irrigation de 75%.

Modélisation

Les modèles qui simulent les effets de stress hydrique sur la croissance et le développement des cultures peuvent être des outils précieux dans la gestion d'irrigation. Plusieurs modèles informatiques ont été utilisés par les chercheurs pour optimiser l'utilisation de l'eau d'irrigation ou pour recueillir les données requises pour d'autres planifications quand l'eau est disponible en quantité limitée. Ces chercheurs ont rapporté ce qui suit :

- Les valeurs WPT, WPET et WPETQ (coton) obtenues à partir du modèle SWAP-WOFOST étaient quelques peu supérieures à celles obtenues du modèle AQUACROP. La réserve

en eau du sol et la biomasse a été simulée de manière satisfaisante par les modèles CropSyst et PILOTE. Les modèles ont démontrés leur capacité de simuler la croissance de Zea Mays L. et la réduction du rendement causée par le stress hydrique dans les conditions semi-arides de Tadla (Maroc). La biomasse, l'indice de la surface foliaire (LAI) et la réserve en eau du sol ont également été simulés par ces modèles.

- Le cadre d'optimisation à base de simulation (OCCASION) fut appliqué pour comparer les stratégies d'irrigation déficitaire et les stratégies de fertilisants azotés déficitaire. Ce cadre appliqué consiste de l'algorithme d'optimisation GET-OPTIS et du modèle SVAT-DAISY pour simuler le bilan d'eau et le bilan d'azote. Les résultats ont montré que l'OCCASION peut être utilisée avec succès pour obtenir la haute WP. Dans les traitements optimisés, la WP a augmenté jusqu'à 30% par rapport aux traitements effectués par l'irrigation totale. L'efficacité d'utilisation d'azote était la plus élevée pour le plus bas traitement à fertilisants azotés.
- Un Réseau Artificiel à structure multiple et des équations empiriques « Advection–Aridity, Granger et Gray » et une combinaison des équations ont été adoptés avec succès pour évaluer l'évapotranspiration effective par rapport avec les données climatiques conventionnelles recueillies.
- Le réseau « Multi Layer Perceptron » est optimisé à l'aide de l'algorithme d'apprentissage Levenberg-Marquardt (MLP_LM) avec une fonction d'activation sigmoïde tangente de prévoir des mesures quantitatives de Standard Precipitation Index (SPI) de la sécheresse à cinq stations synoptiques en Iran. Les résultats montrent que MLP4 avait une plus grande efficacité de prédiction que d'autres MLP.
- Le modèle agro hydrologique SWAP3.03 fut utilisé pour les deux variétés de blé « Ghods » et « Rowshan » dans différents régimes d'irrigation et de qualité d'eau (1,4, 4,5 et 9.6 dS/m). Selon le résultat de cette étude, le modèle SWAP3.03 est un outil très utile pour évaluer la production du blé et la productivité de l'eau aux différents niveaux d'eau et de salinité.
- La technologie de télédétection peut être utilisée pour recueillir des données sur les activités agricoles pour améliorer la productivité des cultures. Exemples : SAVI, MSAVI et PVI sont des indicateurs les plus préférés pour cette évaluation.

Q. 56.5 : Amélioration de la gestion d'irrigation et de drainage

Dans le cadre de ce sous-sujet, 36 rapports ont été acceptés pour présentation orale et 30 pour présentation d'affiche. Presque tous les rapports ont traité les aspects de gestion d'irrigation et de drainage tout en mettant l'accent sur les questions suivantes:

Participation des fermiers à la gestion

La participation des fermiers à la gestion d'irrigation portent sur différentes approches telles que la Gestion d'irrigation Participatoire (PIM), l'Association des Usagers d'Eau (WUA) ou les Coopératives des Usagers d'Eau (WUC). Le transfert de la gestion d'irrigation du gouvernement aux fermiers est inévitable dans divers pays du monde, Mais, il existe de

nombreuses contraintes, telles que l'absence de réglementation et la limite socio-économique pouvant entraver le processus de développement tel que les pratiques dans la gestion des projets d'irrigation. Les recommandations suivantes ont été faites par les auteurs :

- L'Association des fermiers doit avoir une structure solide, dirigée par un expert honnête et juste.
- Il est nécessaire de retenir l'aspect de formation et de dévolution du pouvoir aux fermiers, y compris le développement de la capacité institutionnelle.
- Les récompenses et la promotion mèneront au succès.
- Il est nécessaire que le point de vue, l'expérience et les besoins des fermiers se reflètent à tous niveaux de la planification, de la conception, de l'exploitation et de la mise en oeuvre.
- La gouvernance à auto- gestion est nécessaire, le service des hauts fonctionnaires retraités du gouvernement étant utilisé pour cette fin; le paiement de solde effectué en espèce aux fermiers impliqués dans l'exploitation; et l'utilisation des services des entrepreneurs privés.
- Les fermiers doivent être disposés pour un tel changement au niveau culturel et économique. Cependant, chaque système doit être contrôlé dans tous ces aspects technique, organisationnel et socioculturel. Les résultats de ce processus doivent être étudiés et reconnus à chaque niveau.
- Les Associations d'usagers d'eau doivent être soutenues par les dispositifs modernes ICT.
- Le développement des ressources en eau à l'échelle réduit pourra donner lieu à une meilleure participation des fermiers. Mais, ce développement doit être soutenu financièrement au stade initial.

Les auteurs ont rapporté les conséquences positives de la mise en œuvre du projet PIM. L'on s'attend à ce qu'il y ait une amélioration dans la production pour qu'il y ait moins de conflit en matière d'eau, un processus solide de prise de décision et un meilleur sens de responsabilité pour faire face à la rareté de l'eau et à la sécheresse. Il y a quelque peu de réserve concernant le succès probable dans la productivité de l'eau et la conservation de l'eau avec l'intervention de PIM en irrigation.

Exploitation et Maintenance (EM)

La manière dont un projet d'irrigation est exploitée et maintenue pourra donner du succès ou aboutir à l'échec de ce projet. Les recommandations suivantes ont été faites à ce sujet:

- Améliorer davantage l'infrastructure de conception et de réalisation compte tenu des expériences acquises dans le succès des cas. Le système d'irrigation défectueux dans le cadre d'une exploitation inappropriée pourra risquer la durabilité de nombreux projets.
- Il est nécessaire qu'il y ait le financement approprié de l'exploitation et de maintenance et un soutien technique en même temps que les facilités de partage de dépense par le gouvernement local pour arriver au succès.

- Il est nécessaire qu'il y ait un guide approprié pour l'exploitation et la maintenance soutenu par la modernisation des systèmes d'irrigation et le système d'évaluation et de contrôle efficace particulièrement dans les macros projets.
- L'utilisation combinée des eaux de surface et des eaux souterraines et la construction des petits étangs au niveau des fermes peut faciliter l'utilisation optimale des ressources en eau lors des saisons sèches et humides.
- Pour une meilleure prise de décision, il sera nécessaire d'utiliser l'approche SWOT pour démontrer la puissance, la faiblesse, l'opportunité et les menaces qui se posent à tout projet.
- Le succès dans le processus d'exploitation et de maintenance dépend du changement dans les croyances de l'organisation et l'adaptation sociale.

Modélisation

Il y avait très peu de modèles informatiques utilisés par les auteurs pour simuler les relations culture-eau-sol, les pratiques de drainage et de gestion. Ces auteurs ont indiqué qu'il y avait d'amélioration considérable dans le processus de décision quand on utilise de tels modèles comme indiqué ci-dessous:

- La modélisation des dynamiques du système, le Processus de Hiérarchie Analytique (AHP), la Technique TOPSIS ont été utilisés pour étudier divers scénarios de réhabilitation et des critères de performance efficace du réseau d'irrigation.
- Le Guide PMBOK a introduit le modèle de gestion des risques utilisé dans l'analyse des risques qualitatifs dans les ouvrages d'eau.
- Les modèles SWAP et DRAINMOD sont utilisés pour démontrer suffisamment les résultats. Le DRAINMOD retient l'attention s'agissant d'un modèle très simple qui couvre diverses pratiques de gestion de l'aquifère, et ce modèle est capable de prédire l'écoulement dans les drains.
- Un modèle fut adopté pour le projet de Gezira au Soudan pour corrélérer l'écoulement de l'eau et le mouvement du sédiment dans les canaux d'irrigation dans diverses conditions d'écoulement, d'exploitation et de maintenance.
- Les modèles AquaCrop, CSM-CERSS-MAIC etc. peuvent simuler de manière adéquate le développement de la canopée et le rendement en grain dans diverses conditions de gestion d'irrigation.
- LP en tant que partie de DSS pour incorporer le modèle, les données et les sous-systèmes à base de connaissance a été utilisé avec succès dans l'utilisation combinée de l'eau en Inde.

Efficience d'irrigation

L'un des problèmes majeurs et de controverses dans les pratiques d'irrigation est l'efficience d'application de l'eau. De nombreuses recherches ont été menées à ce sujet, et il existe

encore de nombreuses questions à résoudre. Les notes suivantes sont rédigées à partir des rapports y relatifs :

- L'utilisation inefficace de l'eau d'irrigation, la salinisation et l'engorgement sont des problèmes majeurs des terres irriguées. Le manque de contrôle systématique et d'évaluation du projet d'irrigation peuvent exacerber ces contraintes. La réhabilitation de telles terres ayant subi une dégradation est également une pratique très coûteuse.
- L'utilisation inefficace de l'eau est attribuée aux défauts techniques et à la mauvaise gestion d'irrigation tels que l'incompétence des fermiers, la hausse des prix des équipements agricoles et de la main d'œuvre, le mode des cultures, l'assolement et la crise institutionnelle.
- La mécanisation des systèmes d'irrigation, la gestion de la ferme sous forme de production coopérative et la consolidation des terres sont des mesures efficaces envisagées pour économiser l'eau d'irrigation et en améliorer la productivité.
- L'amélioration de l'efficacité d'irrigation et la gestion de demande pour irrigation peuvent être adoptées en introduisant des étangs de stockage au niveau de la ferme, en utilisant le tuyautage polyéthylène et le revêtement des canaux de transport d'eau. Une partie de l'eau économisée dans ce processus peut compenser les déficits de réservoirs de l'eau souterraine, en réduisant le pompage à partir des puits. Ainsi, les politiques du Ministère de conservation de l'eau souterraine peuvent être bien conçues sans qu'il y ait des problèmes sociaux.
- Il est nécessaire qu'il y ait une meilleure collaboration et coordination entre les divers ministères et les responsables (Ministère de l'Énergie et Ministère Jihad-e-Agriculture, Iran) impliqués dans la gestion d'irrigation pour accroître l'efficacité d'irrigation au niveau national.
- Il est recommandé de formuler des plans pour sensibiliser le peuple à l'éducation en matière de conservation de l'eau qu'il utilise tous les jours, et également les fermiers à l'utilisation optimale de l'eau d'irrigation.
- Il est nécessaire d'envisager des mesures pour réguler et contrôler la division des terres irriguées, et d'adopter les méthodes agricoles institutionnelles et de gestion des ressources en eau disponibles.

Précipitation efficace

La gestion du réseau d'irrigation doit comporter des mesures nécessaires pour utiliser les précipitations directes pour pouvoir satisfaire les besoins en eau des cultures et réduire l'apport d'eau au niveau de la ferme et des parcelles à irriguer. Des recommandations ont été faites en ce qui concerne l'adoption de ces mesures et méthodes pour leur mise en œuvre.

Qualité de l'eau d'irrigation

L'augmentation continue des besoins en eau a mené des décideurs à utiliser l'eau de faible qualité dans leurs chaînes de consommation. Les eaux de surface et les eaux souterraines

salées, saumâtres et polluées font également l'objet d'étude dans cette décision. Pour but d'irrigation, il est important de définir la limite maximale de tout pollueur dans l'eau à utiliser avec soin de manière économique et compte tenu des pratiques environnementales. Il sera possible de faciliter la définition de la durabilité de l'eau pour toute consommation d'irrigation spécifique en choisissant des indices de qualité d'eau appropriée. Certains rapports ont étudié ces sujets et ont présenté les résultats des recherches. Ces résultats sont comme suit:

- Conductivité électrique (EC) de l'eau peut révéler l'existence de nombreux autres agents pollueurs chimiques, biologiques dans l'eau, y compris les produits chimiques suivants : Na, Mg, Ca, Cl, K, No₃, So₄, Po₄, BOD, COD, TSS, PH. La corrélation peut être positive dans certains cas et négative dans d'autres.
- Dans les conditions de sécheresse, l'EC de l'eau de surface augmente et ainsi il y aura une insuffisance marquée de l'eau.
- Le potentiel d'oxydation-réduction de l'eau de drainage porte une corrélation directe avec le P soluble.
- Il est nécessaire de déterminer l'effet du réseau d'irrigation et de drainage sur l'environnement et les flaques d'eau pour le développement durable.
- Le dispositif de production d'oxygène fabriqué des matériels disponibles au niveau local et actionné par l'énergie éolienne est une technique qui convient mieux pour la réhabilitation des canaux et l'amélioration de la qualité d'eau en Inde.

Productivité de l'eau et benchmarking

- En utilisant les indicateurs de performance appropriés pour le benchmarking, il est possible non seulement d'améliorer l'efficacité d'utilisation d'eau et la viabilité financière du système mais aussi d'assurer l'adoption des meilleures pratiques de gestion et de durabilité environnementale dans le système d'irrigation irrigué.
- Le Benchmarking et le renouvellement des composantes permettent d'augmenter de manière considérable l'ensemble de productivité de l'eau au moindre coût.
- Il est recommandé de formuler une méthode de comptabilisation de l'eau comportant tous les détails des recettes et de leur utilisation. Le benchmarking et la vérification des comptes d'eau ont donné lieu à l'application significative des données et à une forte concurrence entre les exploitants pour améliorer la performance des projets d'irrigation.
- Dans les cultures de précision, il est nécessaire de disposer des informations fiables sur les caractéristiques hydrauliques du sol et leur variabilité dans le temps et dans l'espace.

Sécheresse

Quelques auteurs ont fait six propositions utiles au gouvernement et aux associations d'irrigation pour développement des stratégies de conservation d'eau lors des sécheresses:

- Investissements dans les infrastructures d'irrigation et mise en place du système moderne du contrôle.

- Assistance aux fermiers pour qu'ils utilisent toutes les facilités modernes en matière de conservation de l'eau d'irrigation.
- Mise en place d'un système d'assolement flexible compte tenu des ressources en eau disponibles au niveau local.
- Développement d'un programme d'irrigation rotatif pour les terres en jachère.
- Le renforcement de la capacité pour transfert d'eau lors des sécheresses grâce à des technologies scientifiques modernes.
- Adaptation aux précipitations saisonnières pour pouvoir ajuster la superficie irriguée lors de la première et de la deuxième périodes de culture rizicole.

Commentaires généraux

Les auteurs ont présents divers concepts et définitions de l'efficacité de l'irrigation et de la productivité de l'eau. Toutes ces ambiguïtés, et dans certains cas désaccords, sont attribués aux définitions à l'utilisation et à leurs valeurs mesurées, notamment quand ces valeurs doivent être utilisées pour la planification et la prise de décision à macro niveau. Cette divergence d'opinion entre les experts est due en partie à la manière dont ils conçoivent l'efficacité ou l'efficacité de la pratique d'irrigation. La question se pose également qui va bénéficier de notre approche d'irrigation. Est-ce que cette planification est faite pour un fermier individuel ou pour une large communauté ? La diversité dans la terminologie de la productivité de l'eau et les divers concepts d'efficacité sont évoqués dans les exemples fournis par les auteurs : productivité de l'eau, productivité liée à l'eau, productivité agricole de l'eau, productivité de l'eau de transpiration, productivité du facteur total, productivité du facteur partiel, efficacité d'utilisation de l'eau, efficacité liée à l'utilisation de l'eau, efficacité d'application de l'eau, efficacité d'irrigation, efficacité d'irrigation classique, efficacité d'irrigation nette ou effective, efficacité économique, eau virtuelle et eau virtuelle des cultures. Même le terme de productivité de l'eau est utilisé de manière différente. Cette variété provient de la déférence à l'amélioration de la productivité de l'eau, aux responsables concernés et à l'extension du domaine d'eau, c'est-à-dire la goutte d'eau dont nous parlons. Nous comprenons maintenant qu'il existe une seule définition qui convient à toutes les situations.

Concernant l'extension, chacune de cette extension telle que le lot (parcelle), la ferme, le bassin hydraulique, le bassin fluvial et les nations exige sa propre définition individuelle. Le processus d'extension est lié aux canaux d'écoulement complexes de l'eau, et crée un problème compliqué que outre l'eau utilisée la même eau peut être utilisée plusieurs fois dans le même bassin hydrographique ou le bassin fluvial tout le long du processus de recyclage de l'eau de drainage ou de ruissellement, ou même utilise les eaux perdues traitées. Cependant, l'extension elle-même est interliée (pas toujours mais souvent) avec d'autres facteurs tels que le but de l'utilisation du concept et des responsables. De tels problèmes d'extension sont également liés à la série de bénéfices que nous étudions. Les bénéfices de l'eau agricole sont souvent évalués par rapport aux bénéfices directs liés à la productivité des cultures, générés au niveau local, ou au total des bénéfices liés à la production au niveau national. Le total des bénéfices peut être plus large quand les bénéfices indirects générés par l'expansion induite

par l'eau par les activités agricoles et non agricoles aux niveaux micro/local, meso/régional et macro/national sont également pris en compte.

Le but d'amélioration de la productivité de l'eau donne lieu à des discussions à savoir dans quelle mesure nous devons étudier la question – conservation de l'eau, augmentation de la productivité de l'eau, soutien au processus de décision pour allocation d'eau, amélioration du système d'irrigation, gestion plus efficace de l'eau, plan d'action pour les projets d'irrigation, protection des écosystèmes, bien-être humain, durabilité de la société rurale ou de l'agriculture. Il y a également des discussions sur les impacts adverses de l'efficacité de l'irrigation. L'excès de conservation d'eau pourra causer une distribution inéquitable des ressources en eau disponibles en quantité limitée, et nuire les fermiers qui dépendent de l'eau d'irrigation pour usage domestique et d'autres.

Quant aux responsables, il y a, par exemple, les fermiers, le gestionnaire du système, le planificateur du bassin, le chargé de la politique nationale, qui sont tous impliqués à tout niveau.

Quand on discute la productivité de l'eau, l'on devra étudier la stratégie clé pour traiter le problème de pénurie d'eau et accroître la productivité de l'eau agricole en veillant à un rendement plus élevé avec la même quantité d'eau. En général, la productivité est le rapport du rendement par unité d'intrant au niveau de la parcelle, et compte tenu de la manière dont les termes sont exprimés au numérateur et au dénominateur, la productivité de l'eau peut être exprimée en termes généraux physique ou économique. Le terme WP est défini comme étant la masse physique de production ou la valeur économique de la production, mesurée par rapport au débit entrant en gros, au débit entrant net, à l'épuisement d'eau, à l'épuisement d'eau dans le processus, ou à l'eau disponible. Le WP basé sur la masse de production physique, est simple et utile seulement pour des cas de produit unique, alors que l'indicateur monétaire est utile là où l'on devra analyser plusieurs produits, les entreprises ou les usages multiples de l'eau. Le WP traite souvent la masse de production physique par volume d'eau consommée, et il est exprimé en kg/m³. Au niveau du bassin, où existent des systèmes agricoles multiples, les estimations sont souvent basées sur la valeur économique des produits agricoles et l'épuisement effectif de l'eau.

En conclusion, l'on doit comprendre qu'il n'existe pas de définition unique pouvant satisfaire toutes les situations. Quand on étudie la productivité de l'eau, l'on devra déclarer le but de l'analyse (amélioration) de la productivité de l'eau. Il n'est pas besoin de signaler que l'on doit définir clairement le terme de la productivité de l'eau qui permet d'atteindre le but et ensuite d'examiner l'extension du domaine de l'eau, c'est-à-dire le lot (parcelle), la ferme ou le bassin fluvial car l'efficacité de l'eau irriguée est associée à diverses parties du système d'apport d'eau, c'est-à-dire depuis la source d'eau jusqu'aux profils du sol.

L'efficacité de l'utilisation de l'eau dans les régions irriguées affectent l'économie de l'irrigation, la quantité de l'eau requise pour irriguer une superficie spécifique, l'uniformité spatiale de la culture et de son rendement, la quantité d'eau qui peut passer en percolation

dans la zone racinaire, la quantité d'eau qui peut retourner à la source de surface pour utilisation à l'aval ou aux aquifères souterraines qui peuvent desservir d'autres usages, et la quantité d'eau perdue aux sources non recouvrables (chute de sel, aquifère salée ou océan).

Le WP généralement utilisé et qui est basé sur le rendement des cultures, ne couvre pas l'ensemble des coûts-bénéfices associés à l'utilisation de l'eau agricole. Des efforts doivent être orientés non seulement pour accroître la productivité de l'eau par rapport à la masse de rendement par unité d'eau, mais aussi l'ensemble des bénéfices ou valeur de l'eau à tout niveau – large développement et atténuation de la pauvreté - compte tenu de la durabilité des systèmes.

Malgré toutes ces considérations qui rendent difficile la conclusion sur cette question, il y avait des accords généraux avec les points de vue des auteurs qui puissent être examinés au forum de nouveau compte tenu des aspects techniques, économique environnemental et de gestion. L'on peut donc conclure que :

- a. L'efficacité d'irrigation doit être étudiée et recommandée pour la planification et la prise de décision compte tenu du bilan d'eau au niveau du bassin plutôt que des mesures au niveau de la ferme.
- b. La productivité de l'eau d'irrigation est un outil utile pour l'évaluation de l'efficacité de l'eau allouée à l'agriculture du point de vue économique et environnemental particulièrement dans la région à stress hydrique.
- c. La définition de la productivité de l'eau d'irrigation doit être présentée et recommandée dans le cadre de divers objectifs.
- d. L'évaporation au niveau du champ est en effet une perte d'eau dans les projets d'irrigation, non recouvrable. Des tentatives doivent être faites à la planification et à l'exploitation de la technologie de la gestion d'irrigation pour pouvoir minimiser une telle perte.
- e. Le concept de besoin en eau des cultures doit être réétudié tout en mettant l'accent sur l'eau consommée effectivement par la culture. La technologie d'irrigation doit mettre l'accent sur le système permettant de minimiser les pertes d'eau réelles et donc d'avancer vers plus de productivité de l'eau.
- f. Il est nécessaire de reconnaître que l'irrigation est seulement une partie de processus de production culturale qui doit être assimilée avec la technologie et la gestion d'irrigation si l'on doit améliorer la productivité de l'eau d'irrigation. Les exemples sur l'agro technologie, l'amélioration des conditions du sol, les meilleures semences, les fertilisants appropriés. Avant tout, l'on doit mettre l'accent sur la gestion d'eau au niveau de la ferme.

Il existe d'amples possibilités pour les Groupes de Travail CIID d'inscrire toutes ces questions dans leur plan d'action en vue d'avoir des contributions efficaces pour la sécurité alimentaire globale par l'amélioration de la productivité de l'eau d'irrigation du point de vue économique et physique.

Remerciement

Je tiens à exprimer ma profonde appréciation à tous les membres du panel et au Président de la session - Dr. Yohei Sato pour la Q56.1, Dr.M.N. Bhutta pour la Q56.2, Dr. Ragab Ragab pour la Q56.3, Dr. Bharat Sharma pour la Q56.4, and Dr. James E. Ayars pour la Q56.5 in - pour l'excellente collaboration qu'ils ont apportée dans la sélection des rapports et la réalisation de ce rapport général où j'ai utilisé leurs commentaires et points de vue.