

INNOVATIVE TECHNOLOGY FOR IRRIGATION AND CLIMATE CONTROL IN VEGETABLE GREENHOUSES

TEHNOLOGIE INOVATIVĂ DE IRIGAȚII ȘI CONTROLUL CLIMEI ÎN SERELE LEGUMICOLE

Ph.D. Eng. Marin E., Prof. Ph.D. Eng. Pirnă I., Ph.D. Eng. Manea D., Ph.D. Stud. Matache M., Ph.D. Eng. Popa L.
INMA Bucharest / Romania

Tel: 0749176922; E-mail: marin_43eu@yahoo.com

Abstract: Irrigation and proper fertilization humidity and climate control are key factors in creating an optimal environment for growing vegetable crops in greenhouses. This paper presents the results of experimental research conducted at INMA Bucharest to determine three of the most important indicators of the health of root area of vegetable crops (water content (%), pore water conductivity (CEp) and temperature (°C), while monitoring of temperature and CO₂ content inside a greenhouse covered with doubled inflated foil. The results and conclusions of this study are useful in identifying optimal parameters for water supply of vegetable crops in greenhouses permanently and of adequate quality in terms of salts and temperature and also in establishing a controlled environment for uniformity of crop conditions.

Keywords: irrigation, climate, greenhouse, vegetable growing.

INTRODUCTION

Essential for life and a vital source of human progress and development, fresh water has become a problem of the contemporary world.

The report submitted in September 2011 in the framework of the XIV-th International Congress of Water (Pernambuco, Brazil) stated that improving water distribution on Terra will have a significant impact on food production for the population as freshwater is distributed to ensure food needs of the planet. It is estimated that water scarcity and its distribution will affect at least half of the world population strating from 2030. [6]

The water crisis could also lead to major conflicts among affected populations. According to the National Report on Water Security Intelligence US, freshwater may become a less common cause of war, which may occur in the Middle East, South Asia and North Africa. According to American experts, the water will become in the future a possible weapon of war or a terrorist threat. [5]

Climate change has led to periods of drought in many years in a row, combined with catastrophic floods and lack of fresh water. All these issues can lead to instability and conflict in the coming decades globally in developing countries, faced with a population explosion, and the serious effects that lead to major climate changes. Water scarcity is obviously one of the key factors that will limit food production. [4]

The need to irrigate vegetable greenhouses efficiently, economically and sustainably is essential for food security. Vegetable plant water consumption varies according to the growing phase, increasing starting with the germination stage to the harvesting stage.

In Romania, the problem of irrigation in protected areas is not resourceful but the distribution and efficient water management.

Rezumat: Irigarea și fertilizarea adecvată, reglarea umidității și controlul climatic sunt factori cheie în crearea unui mediu optim de creștere a culturilor în serele legumicole. Lucrarea prezintă rezultatele unor cercetări experimentale desfășurate la INMA București pentru determinarea a trei dintre cei mai importanți indicatori ai sănătății zonei rădăcinii a culturilor legumicole (conținutul de apă (%), conductivitatea apei din pori (CEp) și temperatura (°C), concomitent cu monitorizarea temperaturii și conținutului în CO₂ din interiorul unei sere acoperită cu folie dublu inflată. Rezultatele și concluziile acestei lucrări sunt utile în identificarea parametrilor optimi pentru aprovizionarea cu apă a culturilor din serele legumicole permanent și cu o calitate corespunzătoare din punct de vedere al sărurilor și a temperaturii și de asemenea în stabilirea unui microclimat controlat pentru uniformitatea condițiilor de cultură.

Cuvinte cheie: irigații, climă, seră, legumicultură

INTRODUCERE

Element esențial pentru viață și sursă vitală a progresului și dezvoltării umane, apa dulce a devenit o problemă a lumii contemporane.

Raportul prezentat în septembrie 2011 în cadrul celui de-al XIV-lea Congres Internațional al Apei (Pernambuco, Brazilia) precizează faptul că îmbunătățirea distribuției apei la nivelul Terrei va avea un impact semnificativ și asupra producției de hrană pentru populație, deoarece apa dulce nu este distribuită astfel încât să asigure necesarul de hrană al planetei. Se estimează că deficitul de apă și distribuția ei va afecta cel puțin jumătate din populația globului, începând cu anul 2030. [6]

Astfel, criza apei poate determina și conflicte majore în rândul populațiilor afectate. Conform Raportului privind Securitatea Apei al National Intelligence din SUA, apa dulce poate deveni un motiv de război mai puțin obișnuit, care poate apărea în Orientul Mijlociu, Asia de Sud și Africa de Nord. În opinia experților americani, apa va deveni în viitor o posibilă armă de război sau o amenințare teroristă. [5]

Schimbările climatice au condus la perioade de secetă în mai mulți ani consecutiv, cumulate cu inundații catastrofale și lipsa apei dulce. Toate aceste aspecte pot conduce la instabilități și conflicte la nivel global în următoarele decenii, în țările în curs de dezvoltare, care se confruntă și cu o explozie demografică, dar și cu efecte serioase care duc la schimbări climatice majore. Deficitul de apă este în mod evident unul dintre factorii cheie care vor limita producția de alimente. [4]

Necesitatea de a iriga serele legumicole eficient, economic și durabil este esențială pentru securitatea alimentară. Consumul de apă al plantelor legumicole variază în funcție de faza de vegetație, fiind în creștere de la faza de germinare până la faza de recoltare.

În România, problema irigațiilor în spațiile protejate nu este una de resurse, ci modul de distribuție și gestionare eficientă a apei.

In this respect, it should find ways to increase food production so that the sustainable management of water and other resources are optimized.

Seeking to meet the above requirements, in the paper were carried out experimental researches to determine the three most important indicators of the health of the root zone of vegetable crops (water content (%), pore water conductivity (ECp) and temperature ($^{\circ}\text{C}$) while monitoring temperature and CO_2 content in order to promote innovative technologies for irrigation and climate control in vegetable greenhouses that provides a higher recovery of irrigation water.

MATERIAL AND METHOD

The research was conducted inside innovative technology for irrigation and climate control in vegetables greenhouses (fig.1) which is intended to water use efficiency and crop productivity growth in protected areas. This comprises the following main assemblies:

- Automated installation of extraction of ground water with solar submersible pump (fig.1, item 1); [1]
- Automated installation of irrigation and fertilization (fig.1, item 2); [2]
- An automatic system for controlling the climate in a vegetable greenhouse (fig. 1, item 3).

În acest sens, trebuie găsite metode pentru creșterea producției de alimente astfel încât gestionarea durabilă a apei și a altor resurse să fie optimizată.

Căutând să răspundă cerințelor de mai sus, în cadrul lucrării au efectuate cercetări experimentale pentru determinarea a trei dintre cei mai importanți indicatori ai sănătății zonei rădăcinii a culturilor legumicole (conținutul de apă (%), conductivitatea apei din pori (ECp) și temperatura ($^{\circ}\text{C}$), concomitent cu monitorizarea temperaturii și conținutului în CO_2 în scopul promovării unei tehnologii inovative de irigații și controlul climei în serele legumicole care realizează o valorificare superioară a apei de irigație.

MATERIALE ȘI METODĂ

Cercetările au fost efectuate în cadrul tehnologiei inovative pentru irigații și controlul climei în sere legumicole (fig.1) care este destinată eficientizării consumului de apă și creșterii productivității culturilor în spații protejate. Aceasta are în componență următoarele ansambluri principale:

- Instalație automatizată de extragere a apei din pânza freatică cu pompă submersibilă solară (fig.1, poz.1); [1]
- Instalație automatizată de irigare și fertirigare prin picurare și microaspersie (fig.1, poz.2); [2]
- Sistem automat pentru controlul climei într-o seră legumicolă (fig. 1, poz. 3).

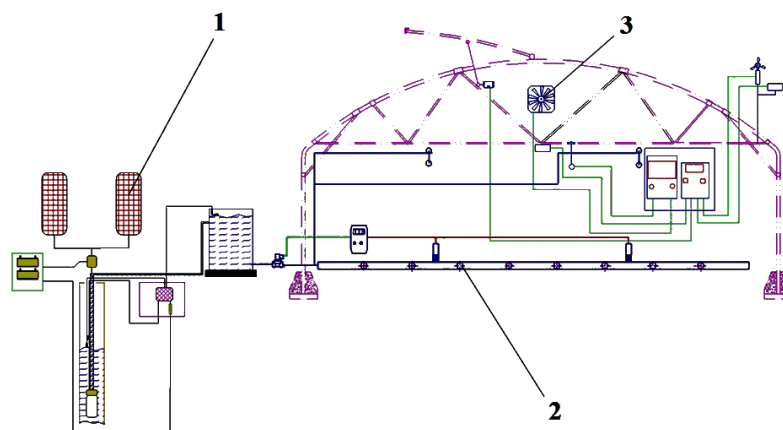


Fig. 1 – Innovative technology for irrigation and climate control in vegetable greenhouses

Installation of groundwater extraction (fig.2) operates under automatic management of a DC powered pumps.

Instalația de extragere apă din pânza freatică (fig.2) funcționează în regim de gestionarea automată a unei pompe alimentată în curent continuu.

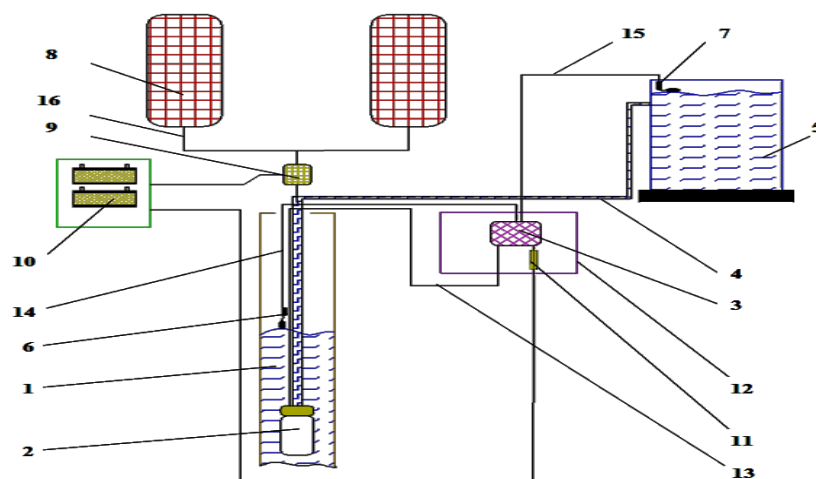


Fig. 2 – Installation of ground water extraction with solar submersible pump

All the necessary energy supply system is obtained by converting solar energy into electrical energy using solar batteries for storing excess. The system consists of a water well drilled PVC tube (Item 1) solar pump (Item 2) a solar pump controller (Item 3), HDPE pipe (Item 4) to contact a reservoir (Item 5) water storage, a water level sensor in the shaft (item 6), a water level sensor in the retention basin (item 7), two solar panels of 240 W (item 8), a current solar charge controller (item 9), two solar batteries (item 10), a fuse (Item 11), an electric panel (item 12), an electrical cable of solar pump (Item 13), an electrical cable-water level sensor in the well (Item 14), an electrical sensor in the water level of the retention basin (pos. 15), a photovoltaic cable (Item 16).

The main technical characteristics of the automated installation of ground water extraction with solar submersible pump are shown in Table 1.

Toată energia necesară sistemului de alimentare se obține prin convertirea energiei solare în energie electrică, utilizând acumulatori solari pentru stocarea surplusului. Instalația se compune dintr-un puț de apă forat cu tuburi PVC (poz.1), o pompă solară (poz.2), un controller pompă solară (poz.3), o țevă HDPE (poz.4) pentru legătura cu un rezervor (poz.5) de stocare a apei, un senzor de nivel a apei în puț (poz.6), un senzor de nivel a apei în bazin de retenție (poz.7), două panouri fotovoltaice de 240 W (poz.8), un controller solar încărcare curent (poz.9), două acumuloare solare (poz.10), o siguranță fuzibilă (poz.11), un panou electric (poz.12), un cablu electric pompă solară (poz.13), un cablu electric senzor de nivel a apei în puț (poz.14), un cablu electric senzor de nivel a apei în bazin de retenție (poz.15) și un cablu panouri fotovoltaice (poz.16).

Caracteristicile tehnice principale ale instalației automatizată de extragere a apei din pânza freatică cu pompă submersibilă solară sunt prezentate în tabelul 1.

Table 1

Characteristic	UM	Value
Water well drilled: - diameter - depth	m m	0.150 49
Solar pump - electric power - rated voltage - flow	W V _{cc} m ³ /s	150 12 0.0013
Solar panel - maximum electrical power - voltage at the maximum power	W V _{cc}	240 30.8

Automatic installation of drip and sprinkler irrigation and fertigation (fig.3) performed under the direction and control of the irrigation and fertilization process,.

Instalația automatizată de irigare și fertirigare prin picurare și microaspersie (fig.3) realizează conducerea și controlul în regim automat a procesului de irigație și fertilizare.

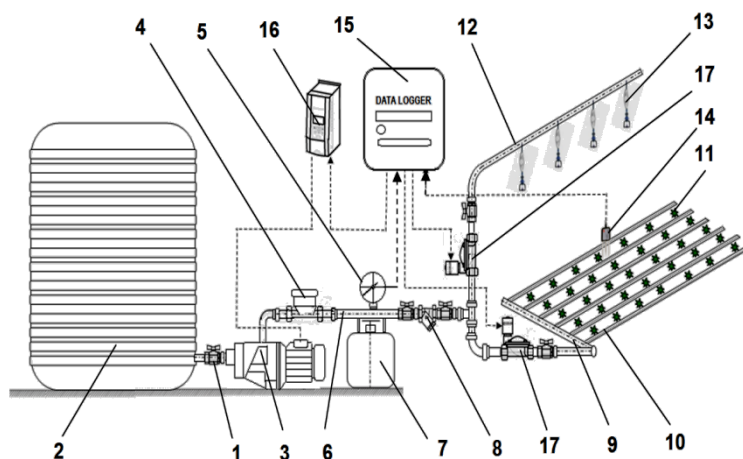


Fig. 3 - Automatic installation of drip and sprinkler irrigation and fertigation [6]

The system consists of a branch (Item 1) for connecting a water storage reservoir (Item 2) and a self-priming electric pump (Item 3), a counter (Item 4), water pressure manometer (item 5), some route items (item 6), head PVC tank control fertilization (Item 7), a filter (Item 8), a pipe (Item 9) with bands (Item 10) equipped with a built-dropping span (Item 11), another pipe (Item 12) with sprinklers (Item 13), a moisture transducer (Item 14), conductivity and temperature WET-2, a Data Logger GP2 (Item 15), a frequency inverter (Item 16) and two water valves (Item 17).

Instalația se compune dintr-un bransament (poz.1) pentru legătura între un rezervor (poz.2) de stocare a apei și o electropompă (poz.3) autoamorsantă, un contor (poz.4) de apă, un manometru (poz.5) de presiune, niște elemente (poz.6) de traseu, un cap control PVC cu tanc de fertilizare (poz.7), un filtru (poz.8), o conductă (poz.9) cu benzi (poz.10) prevăzute cu picurătoare încorporate într-o travee (poz.11), o altă conductă (poz.12) prevăzută cu microaspersoare (poz.13), un traductor (poz.14) de umiditate, conductivitate și temperatură WET-2, un Data Logger GP2 (poz. 15), un convertizor (poz.16) de frecvență și două electrovane de apă (poz.17).

Equipment of bands by dropping and sprinklers nozzle (the flow, pressure, fairness assembly), the number of bays and sprinklers bands nozzle and the distance between rows of plants was performed according to the pedotehnic study and requirements of the crop.

The constituents of the loop of automation are: WET-2 encoder mounted vertically to a certain depth of irrigation / fertigation in the root zone, the GP2 Data Logger for analysis and control parameters monitored WET-2 encoder, frequency converter for command and controlling the speed of rotation of the self-priming solenoid and provided with an inlet and an outlet respectively positioned upstream of the bands and sprinklers dropping nozzle.

Solenoid functions singularly, simultaneously or in a certain order according to the command sent from the Data Logger GP2.

The Data Logger GP2 receives information in the form of electrical signals from the sensor WET-2, and operates with specialized software designed according to the requirements of the water conductivity and temperature specific to crop plant.

Information transmitted by the transducer WET-2 refers to the most important indicators of the health of the root zone: water content (%), electrical conductivity (ECp) and temperature (°C).

The main technical characteristics of automatic installation of drip and sprinkler irrigation and fertigation are shown in Table 2.

Echiparea benzilor cu picurătoare și microaspersoarelor cu duză (valoarea debitului, presiunii, echidistanței de montaj), numărul benzilor din travee și microaspersoarelor cu duză și distanța dintre rândurile de plante s-a efectuat în funcție de studiul pedotehnic și cerințele specifice plantei de cultură.

Elementele constitutive ale buclei de automatizare sunt: traductorul WET-2 montat în poziție verticală la o anumită adâncime de irigare/fertirigare în zona rădăcinii, Data Logger-ul GP2 pentru analiza și controlul parametrilor monitorizați de traductorul WET-2, convertizorul de frecvență pentru comanda și controlul vitezei de rotație a electropompei autoamorsantă și electrovanele prevăzute cu o intrare și respectiv o ieșire poziționate în amonte de benzile cu picurătoare și microaspersoarele cu duză.

Electrovanele funcționează singular, concomitent sau într-o anumită ordine în funcție de comanda transmisă de la Data Logger GP2.

Data Logger-ul GP2 primește informații sub formă de semnale electrice de la senzorul WET-2 și operează cu un software specializat creat în funcție de cerințele de apă, conductivitate și temperatură specifice plantei de cultură.

Informațiile transmise de traductorul WET-2 se referă la cei mai importanți indicatori ai sănătății zonei rădăcinii: conținutul de apă (%), conductivitatea electrică (ECp) și temperatura (°C).

Caracteristicile tehnice principale ale instalației automatizată de irigare și fertirigare prin picurare și microaspersie sunt prezentate în tabelul 2.

Table 2

Characteristic	UM	Value
Water storage reservoir: - volume - diameter	m ³ m	6 1.83
Self-priming electric pump - electric power - rated voltage - flow	W Vca m ³ /s	370 220 83...8.3·10 ⁻⁶
Head PVC tank control fertilization - fertilizer tank capacity - filter size	m ³ m	0.06 0.0508

The automatic climate control system (fig.4) provides ventilation and forced air ventilation, air-conditioned greenhouse - temperature, CO₂ and optimum air humidity.

Sistemul automat pentru controlul climei (fig.4) asigură aerisirea și ventilația forțată a aerului în seră cu aer condiționat – temperatură, CO₂ și umiditate atmosferică optime.

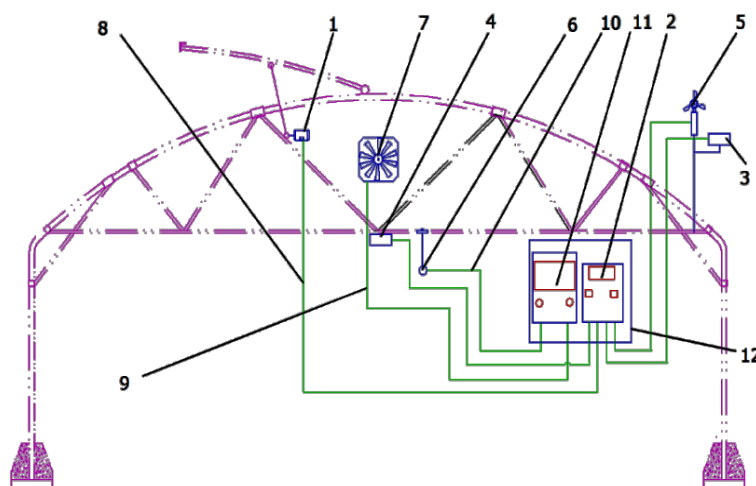


Fig. 4 - Automatic climate control system

Automatic climate control system consists of an engine with greenhouse openings (Item 1), a control panel for greenhouse openings (Item 2), a rain sensor (Item 3), a temperature sensor (Item 4), a wind sensor (Item 5), a CO₂ sensor (item 6), an axial fan (item 7), an electric cable openings engine emissions (item 8), cable of axial fans (item 9), sensor cable (item 10), a Data Logger GP 2 (item 11) and an electrical panel (item 12).

The main technical characteristics of the automatic climate control system are presented in Table 3.

Sistemul automat pentru controlul climei se compune dintr-un motor deschideri seră (poz.1), un panou de control pentru deschideri seră (poz.2), un senzor de ploaie (poz.3), un senzor de temperatură (poz.4), un senzor de vânt (poz.5), un senzor de CO₂ (poz.6), un ventilator axial (poz.7), cablu electric motor deschideri seră (poz.8), cablu ventilatoare axiale (poz.9), cablu pentru senzori (poz.10), un Data Logger GP 2 (poz.11) și un panou electric (poz.12).

Caracteristicile tehnice principale ale sistemului automat pentru controlul climei sunt prezentate în tabelul 3.

Table 3

Characteristic	UM	Value
Engine greenhouse openings		
- speed	rot·s ⁻¹	0.033...0.150
- power	W	370
Axial fan		
-electric power	W	300
- rated voltage	Vca	220
- flow	m ³ /s	1.591

Data Logger receives information in the form of electrical signals from the CO₂ sensor and operates with another specialized software created by the content of carbon dioxide (CO₂) which is an essential component of photosynthesis. According to information received Data Logger commands the start of a recirculating fan which creates a constant airflow around the plants to provide an optimal climate for culture.

To perform experimental research of innovative technology for irrigation and climate control in real conditions, has been organized an experimental group (Fig. 5) in a greenhouse covered with double inflated foil inside INMA Bucharest.

The experimental group was prepared for drip irrigation and climate control of a *Cornichon Cucumbers of Paris* culture - *Cucumis Sativus* cycle II.

To establish a culture of cucumbers was performed a starting irrigation for determining the field capacity, by excessively wetting a portion of the experimental plot and setting the amount of water remaining after gravitationally losing the excess.

Knowledge of field capacity is of great importance because it represents the upper limit of water useful for plants. Soil found at field capacity is the optimum moisture, plants finding the best conditions for development.

Data Logger-ul primește informații sub formă de semnale electrice de la senzorul de CO₂ și operează cu un alt software specializat creat în funcție de conținutul în dioxid de carbon (CO₂) care este o componentă esențială a fotosintezei. În funcție de informația primită Data Logger-ul comandă pornirea unui ventilator de recirculare care creează un curent de aer constant reciclat în jurul plantelor pentru a oferi un climat optim de cultură.

Pentru efectuarea cercetărilor experimentale ale tehnologiei inovative pentru irigații și controlul climei în condiții reale a fost organizat un lot experimental (fig. 5) într-o seră acoperită cu folie dublu inflată din incinta INMA București.

Lotul experimental a fost pregătit pentru irigație prin picurare și controlul climei a unei culturii de *Castraveți cornichon de Paris* - *Cucumis Sativus* din ciclul II.

În vederea înființării culturii de castraveți s-a practicat o irigare de start pentru a determina capacitatea de câmp, umezind în exces o porțiune din parcela experimentală și stabilind cantitatea de apă rămasă după ce s-a pierdut gravitațional excesul.

Cunoașterea capacității de câmp are o mare importanță, deoarece reprezintă limita superioară a apei utile pentru plante. Solul aflat la capacitatea de câmp se găsește în condiții optime de umiditate, plantele găsind cele mai bune condiții de dezvoltare.



Fig. 5 - Experimental group in a greenhouse covered with double inflated foil

RESULTS

The diagram in Figure 6 is the variation of soil moisture from start irrigation.

REZULTATE

În diagrama din figura 6 este reprezentată variația umidității solului la irigarea de start.

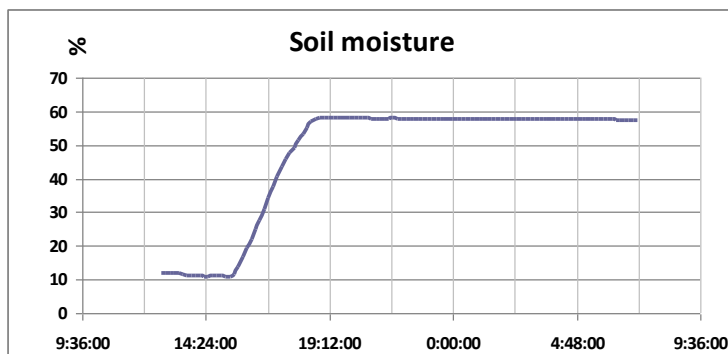


Fig. 6 - Graphical representation of the variation of soil moisture from start irrigation

From the analysis of data obtained from start irrigation has been noticed the moisture capping at a rate of 58% water in the soil, reaching saturation.

The diagram in Figure 7 is the variation of the electrical conductivity ECp of soil at start irrigation.

Din analiza datelor obținute la irigarea de start se observă stabilirea plafonului de umiditate la un procent de 58 % apă în sol, acesta atingând saturația.

În diagrama din figura 7 este reprezentată variația conductivității electrice ECp a solului la irigarea de start.

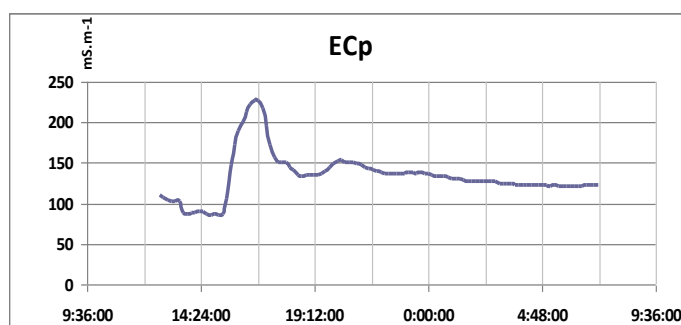


Fig. 7 - Graphical representation of the variation of electrical conductivity ECp at soil start irrigation

According to the results, the start irrigation is an increase in the electrical conductivity of ECp, which reflects the total amount of total dissolved salts or ions dissolved in water up to 225 mS·m⁻¹ at the same time with increment of soil moisture to 58% or a decrease by 120 mS·m⁻¹ while soil moisture remained the same. Some ions such as those of sodium or chloride contribute more than others in the ECP, e.g., the phosphorus and potassium. Some high level of ions, the chloride ions, for example, are undesirable and in large quantities may even endanger the plant.

The diagram in Figure 8 is the variation of soil temperature at start irrigation.

Conform datelor rezultate la irigarea de start se observă o creștere a conductivității electrice ECp, care reflectă cantitatea totală de săruri dizolvate sau totalul ionilor dizolvați în apă, până la 225 mS·m⁻¹ concomitent cu mărirea umidității solului la 58 % și o scădere până la 120 mS·m⁻¹ în timp ce umiditatea solului a rămas aceeași. Unii ioni, ca de exemplu, cei de sodiu sau cei de clorură, contribuie mai mult la ECp decât alții, de exemplu, cei de fosfor sau de potasiu. Unele niveluri ridicate de ioni, cei de clorură, de exemplu, sunt nedoriti, iar în cantități mari pot chiar periclită dezvoltarea plantelor.

În diagrama din figura 8 este reprezentată variația temperaturii solului la irigarea de start.

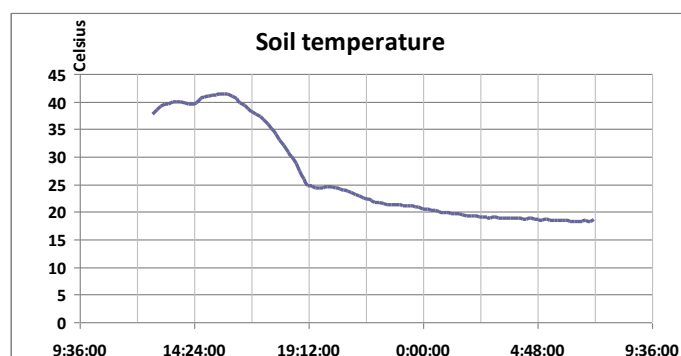


Fig. 8 - Graphical representation of variation of soil temperature at start irrigation

Analyzing the data shown above has been noticed a decrease from 40 °C to 19°C of soil temperature throughout the start irrigation. Soil temperature regime in protected areas is critical in growing vegetables. It is therefore necessary to maintain soil temperature control (optimum conditions are 20...22 ° C) through proper ventilation and irrigation.

Before carrying out research on the experimental plot cultivated with *Cornichon Cucumbers of Paris* in software of control of Data Logger GP2 were introduced:

- Minimum of 20% and maximum 30% value of soil moisture for control of Automatic Drip irrigation system;
- The minimum concentration of 400 ppm CO₂ in the air to control the automatic control greenhouse microclimate.

Figure 9 is the START window of the software control of drip irrigation.

Analizând datele reprezentate mai sus se observă o scădere de la 40°C la 19°C a temperaturii solului pe toată perioada irigației de start. Regimul de temperatură a solului în spațiile protejate este factorul decisiv în cultura legumelor. De aceea este necesar să se mențină sub control temperatura solului (condițiile optime sunt 20...22°C) printr-o aerisire și irigare corectă.

Înainte de efectuarea cercetărilor pe lotul experimental cultivat cu *Castraveți cornichon de Paris*, în softurile de comandă ale Data Logger-ilor GP2 au fost introduse:

- valoarea minimă de 20 % și maximă a umidității solului de 30 % pentru comanda instalației automată de irigație prin picurare;
- valoarea minimă a concentrației de CO₂ în aer de 400 ppm pentru comanda sistemului automat de control al microclimatului în seră.

În figura 9 este reprezentată fereastra de START a softului de comandă a irigației prin picurare.

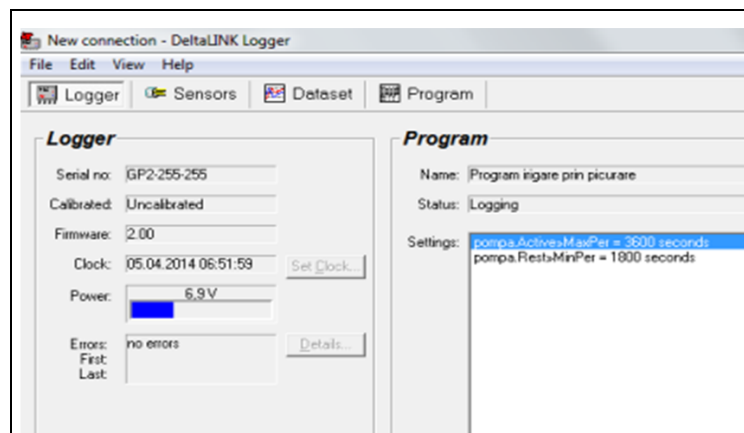


Fig. 9 - Program drip irrigation - START window

The measured values of sensors can be viewed in real time using a software based control, as in Figure 10.

Valorile măsurate de senzori pot fi vizualizate în timp real folosind o funcție a softului de comandă, ca în figura 10.

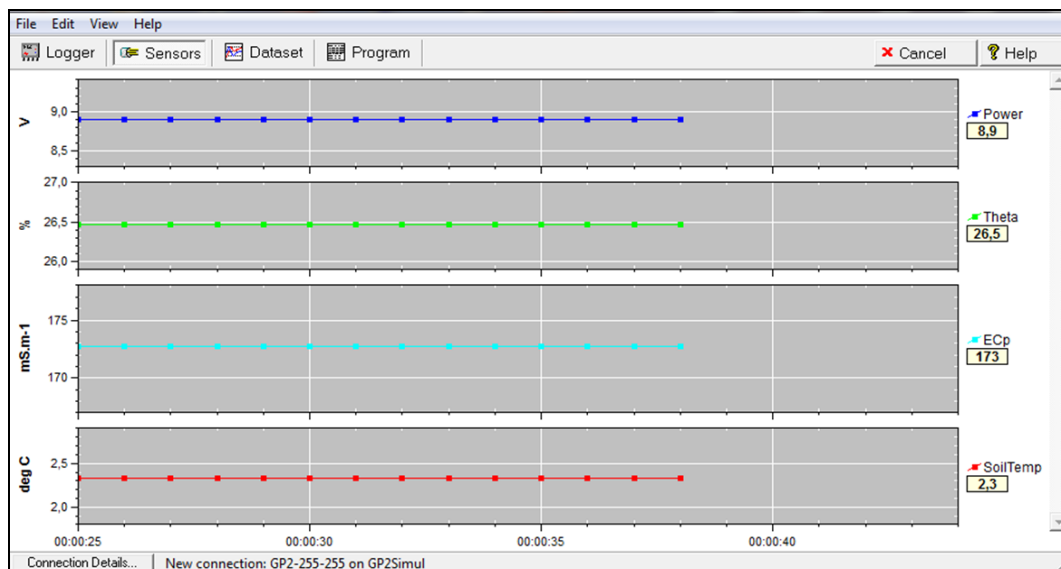


Fig. 10 - Window viewing parameters measured by the sensor in real time

Data recorded and stored in the internal Data Logger memory GP2 were imported into a laptop and using an Excel spreadsheet software were processed resulting in variation diagrams parameters over time.

The diagram in Figure 11 is the variation of soil moisture in a given period of time.

Datele înregistrate și stocate în memoria internă a Data Logger-ilor GP2 au fost importate pe un Laptop și cu ajutorul unui soft de calcul tabelar Excel au fost prelucrate rezultând diagramele de variație a parametrilor în timp.

În diagrama din figura 11 este reprezentată variația umidității solului pe un anumit interval de timp.

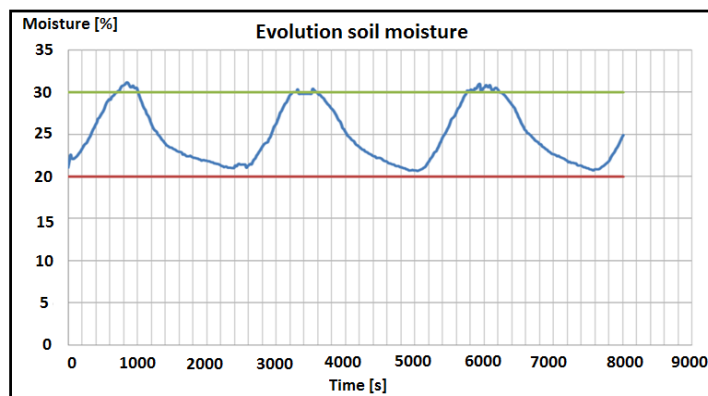


Fig.11 - Graphical representation of variation of soil moisture in a given period of time

From the analysis of the data shown in Figure 8, there has been noticed the inclusion of moisture values within the limits imposed by the control software, such as between 20% and 30%. Exceeding maximum value is caused by process inertia.

CONCLUSIONS

From the results obtained from the experimentation of innovative technology it results that technology provides:

- Irrigation water required with fully automated installation and energy independent installation by using a combination of photovoltaic panel - submersible pump;
- Monitor and control the process of irrigation / fertigation by dripping and / or sprinkler depending on health indicators of root zone of vegetable crops in greenhouses and solariums (water content (%), pore water conductivity (CEp) and temperature (°C));
- Maintaining a controlled environment inside a greenhouse covered with double inflated foil by monitoring and controlling in automatic mode the microclimate parameters (CO₂ content).

REFERENCES

- [1]. Dukes M. et al., (2010) "Use of Irrigation Technologies for Vegetable Crops in Florida", Hort Technology, vol.20, no.1, pg.133-142;
- [2] Marin E., Pirnă I, Manea D., Matache M., Sorică C., (2014) - *Automatic installation of drip and / or sprinkler irrigation and fertigation*, Patent Application no. A00567 / 28.07.2014, OSIM Bucharest;
- [3]. West A.G. et al., (2006), "Water extraction times for plant and soil materials used in stable isotope analysis", Rapid Communications in Mass Spectrometry. 20(8):1317-21;
- [4]. *** European Institute of Romania (EIR) (2013) - Conference "Food security and water resources: from European perspective and national realities", Bucharest, http://www.ier.ro/webfm_send/5181;
- [5]. *** Intelligence Community Assessment on Global Water Security, <http://www.state.gov/e/oes/water/ica/index.htm>;
- [6]. *** http://www.futura-sciences.com/fr/news/t/developpement-durable-1/d/dans-le-monde-les-ressources-en-eausont-suffisantes-mais-mal-distribuees_33641/.

Din analiza datelor reprezentate în figura 8, se observă încadrarea valorilor umidității în limitele impuse prin softul de comandă, respectiv între 20 % și 30 %.

Depășirea valorii maxime se datorează inerției procesului.

CONCLUZII

Din analiza rezultatelor obținute în urma experimentării tehnologiei inovative rezultă că tehnologia asigură:

- apa necesară irigației în seră cu un instalație automatizată complet și independentă energetic prin utilizarea combinației panou fotovoltaic - pompă submersibilă;
- monitorizarea și controlul în regim automat a procesului de irigare/fertigare prin picurare și/sau microaspersie în funcție de cei mai importanți indicatori ai sănătății zonei rădăcinii a culturilor legumicole din sere și solarii (conținutul de apă (%), conductivitatea apei din pori (CEp) și temperatura (°C));
- menținerea unui microclimat controlat în interiorul unei sere acoperită cu folie dublu inflată prin monitorizarea și controlul în regim automat a parametrilor de microclimat (conținutul în CO₂) programați.

BIBLIOGRAFIE

- [1]. Dukes M. ș.a., (2010) "Utilizarea tehnologiilor de irigare pentru culturile vegetale în Florida", Tehnologia Horticola, vol.20, no.1, pag.133-142;
- [2]. Marin E., Pirnă I, Manea D., Matache M., Sorică C., (2014) - *Instalația automatizată de irigare și fertigare prin picurare și/sau microaspersie*, Cerere brevet de invenție nr. A00567/28.07.2014, OSIM București;
- [3]. West A.G. ș.a., (2006), "Timpul de extracție a apei pentru materiale vegetale și elementele solului utilizat în analiza cu izotopi stabil", Comunații rapide în spectrometria de masă 20(8):1317-21;
- [4]. *** Institut European din România (IER) (2013) - Conferința „Securitatea alimentară și a resurselor de apă: între perspective europene și realități naționale” București, http://www.ier.ro/webfm_send/5181;
- [5]. *** Intelligence Community Assessment on Global Water Security, <http://www.state.gov/e/oes/water/ica/index.htm>;
- [6]. *** http://www.futura-sciences.com/fr/news/t/developpement-durable-1/d/dans-le-monde-les-ressources-en-eausont-suffisantes-mais-mal-distribuees_33641/