

氏名	ゆあん ばおずん 原 保 忠
学位の種類	博士 (農学)
学位記番号	甲第304号
学位授与年月日	平成15年 9月19日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
学位論文題目	WATER MANAGEMENT FOR DRIP IRRIGATED CROPS (ドリップかんがいを適用した作物の水管理)
学位論文審査委員	(主査) 西山 壯一 (副査) 早川 誠而 田熊 勝利 深田 三夫 竹山 光一

学位論文の内容の要旨

In agricultural machines and facilities, low cost and low energy are necessary to reduce production cost. Pipe bends are very common in drip and sprinkler irrigation systems. When water passes through a pipe bend, the water pressure of the outside is higher than of the inside due to the centrifugal force of the flowing water. If the inside and outside of the pipe are connected by a pipe, a bypass flow is generated in this route.

The pipe bend research clarified the hydraulic characteristics of the commercial 90° PVC pipe bend through a series of fundamental experiments, and showed the relations among the main pipe flow rate (Q), the bypass flow rate (q), and the pressure difference (DH) between the inside and outside of a pipe bend with and without bypass flow. For a given pipe bend and a certain hydraulic resistance bypass route, the ratio (q / Q) of the bypass flow discharge (q) and the main pipe flow discharge (Q) is a constant coefficient. Proposed the hydraulic design method and design procedure of bypass flow meter using a pipe bend. Analyzed the effect of different pipe bend size, shape and the crests on the bypass flow rates. Find the ways to increase the differential pressure across a pipe bend and increase the injection rate, and provide a method of regulating the bypass flow rate through inserting an orifice in the bypass route.

It is known that plant growth is closely related to the internal water status of the plants. Inside the greenhouse or under rain shelter, crops require frequent irrigation in order to minimize water stress and obtain maximum production and high quality. Scheduling water application is very critical to make the most efficient use of drip irrigation system, as excessive irrigation reduces yield, while inadequate irrigation causes water stress and reduces production.

Under rain-shelter or inside greenhouse, experiments were conducted to evaluate the effects of different amounts of drip irrigation water on the crops (potato, cucumber and strawberry) growth and yield. The amount of irrigation water applied was a fraction times of water surface

evaporation (E_p) measured by a standard 0.2 m diameter pan. Plant height, biomass and shoot water content increased, but the specific leaf weight (SLW, g/m^2) decreased with increasing amount of irrigation water. The amount of irrigation water had significant effects on decreasing the canopy temperature. Total crop yields increased with increasing amount of irrigation water. Irrigated water increased crop yields not only by increasing fruit number, but also by increasing the mean weight of the fruit. The trends for the water use efficiency related to the total amount of irrigation water and the production of total crop yields for the various treatments showed that the lower the amount of irrigation water received, the higher the water use efficiency.

Therefore, applying water by drip irrigation in relation to the amount of water evaporated from a standard 0.2 m diameter pan would be a convenient method to schedule irrigation, as standard 0.2 m diameter pan evaporation data are relatively easy to obtain, though good pan evaporation data requires carefully measurements and frequent maintenance. And it is one of the simplest methods where no sophisticated instrument is required. The ease of use, simplicity of data, and low cost has prompted the wide adoption of the evaporation pan that can determine the irrigation time and amounts of irrigation water.

論文審査の結果の要旨

中国は、世界の水不足国の1つである。水利用の大部分は農業において占められているので、農業において水の利用効率を上げる必要がある。すなわち、限られた水資源を有効利用しながら農産物の生産を上げねばならない。かんがいにおいて、いつどの程度水を与えればよいか重要な課題である。

まず最初に、水資源が逼迫し水の価値が高くなりかんがいに使われる水は正確にその量が測定されねばならないことおよび高度の水管理を行うためには量水が必要であることから、低コスト・低エネルギーの流量計の開発が望まれていることを論じた。また、かんがいシステムの自動化のためには、肥料の混入装置の開発が必要である。

イリゲーシヤンスケジユリングとは作物に対していつどれくらいの水を与えればよいかを決めることである。とくに、その手法をかんがいを行う者に分かりやすい方法で示すことが実用上必要である。このような考えから、直径 20cm の蒸発計を設置し、その蒸発量もとにかんがい水量を決めた。そして、じゃがいもなどを用いて実験し、蒸発計の蒸発量を測定することにより、かんがいの時期とかんがい水量を決める方法を提示し、水の有効利用法を示した。

かんがい施設には通常曲がり管が存在することを述べ、曲がり管において、遠心力が生じ、これをかんがい施設に利用する手法を展開した。すなわち、曲がり管の内側と外側では遠心力のため水頭差が生じる。そこで内側と外側をパイプで結べば、その回路に流れが生ずる。そのバイパス回路の流れの性質を明らかにするとともにこの流れのかんがい施設へ利用方法を論じた。

最初に市販のいわゆるベント管を用いて、水理特性を明らかにするための実験を行った。すなわち、バイパス回路の流れがない場合の本管の流量と水頭差の関係、バイパス回路の流れがある場合の本管の流量と水頭差の関係およびバイパス回路の流量と本管流量との関係等について、実験を行った。その結果本管流量とバイパス回路の流量が比例することを明らかにし、バイパス回路の流量を測定すればきわめて低コストで本管流量が分かることを述べ、さらにその理由および適用限界を論じた。また、

曲がり管の内側と外側の水頭差に関しては、遠心力特性曲線によってその特徴が、表されるがその特性を容易に求める方法を述べるとともに曲がり管流量計の水理設計手法を論じた。また、バイパス回路に液肥を封入したタンクを設置すれば、肥料の混入装置に応用できる。かんがい施設に存在する曲がり管の遠心力を用いるので電気などのエネルギーは必要でなくきわめて低コストである。そしてその応用に際して生ずる課題の解決を試みた。まず、液肥の濃度を調整する必要がある。そのためにはバイパス回路の流量の調整が必要である。そこで、2つの方法を検討している。最初にバイパス回路にオリフィスを設置し、バイパス回路の水理抵抗を変え、バイパス回路の流量を調節することを考えた。そこで、種々のオリフィス口径に対して、損失水頭を測定し、口径と損失水頭の係数との関係式を得て、設計に供した。すなわち、バイパス回路の流量を減少させ、必要な流量に設定することを試み、それによって液肥の濃度調整の手法を示した。つぎに、バイパス回路の流量を増加させ、液肥濃度の調整法を述べた。バイパス回路の流れは遠心力で作動しているためその流量には限界がある。そこで、曲がり管部分に種々の大きさのクレストを設置し、バイパス回路の流量を増加させる手法とその効果の評価、特性を論じ、かんがい施設への応用法を述べた。

じゃがいもは小麦などと並んで主要な作物の1つであることから、イリゲーシヨンスケジユリングにおいては、じゃがいもを雨よけハウス内で栽培し実験を行った。すなわち、種々のかんがい水量に対して、その収量、茎の高さ、葉温、葉の水分量、単位面積あたりの葉の重さ、土壌水分などについて詳細に調査して、適切なかんがい時期およびかんがい水量の決定方法に関して、実験を行った。じゃがいもの収量の測定においては、大きさも考慮した。ここでは大きさを4段階に分類した。実験区分ごとにタンクを設置し、それにドリツプかんがい用の管が接続している。水の容積を測定して、タンクに注入し、かんがいを行った。かんがい水量およびその時期の決定に際して、直径20cmの蒸発計を使う方法は特に実用上簡便なことから、農家から受け入れやすいことを述べた。そのほか、いちごおよびキュウリのかんがいについても実験を行い、かんがい水量に関する有用な知見を得た。

よって、本研究論文は博士（農学）の学位論文として十分な価値を有するものと判断した。