

**Research and Development of
Agricultural Machinery using
State-of-the-art Technology
(첨단기술을 이용한 농업기계 연구개발)**

한 영 조

- 서울대학교 농공학과 (BS, MS)
- 미국 일리노이대학 농공학과 (Ph. D)
- 미국 일리노이대학 농공학과 Post-Doc 연구원
- 미국 클렘슨대학 농업생물공학과 조교수
- 미국 클렘슨대학 농업생물공학과 부교수

Research and Development of Agricultural Machinery using State-of-the-art Technology

(첨단기술을 이용한 농업기계 연구개발)

Young Jo Han

Department of Agricultural and Biological Engineering,
Clemson University

INTRODUCTION

We are living in a rapidly changing world. Agriculture is no exception. With the Uruguay Round Agreement of 1993, agriculture now becomes a worldwide enterprise. A Country cannot protect its domestic producers anymore with high price support and restrictive import barriers. Agricultural crops, fruits and vegetables will be grown in the world where they best fit and where they can be most economically grown. In this world of “survival of the fittest,” only those who have the most advanced technology and highest productivity at a minimum cost will prevail.

Mechanization for mechanization alone is a thing of the past. Agricultural production has already shifted from a mechanical age to a chemical age. When mechanical means couldn't improve productivity anymore, better chemicals for fertilizers, weed control, pest control, etc., came to the forefront to push productivity even higher. But with increasing environmental concerns, use of chemicals will be more and more restricted, and runoff and infiltration of chemicals into ground water will be carefully monitored and regulated.

Environmental concerns and technological advancement in control and automation are pushing us to the verge of an “information age” for agriculture. That is, new technology is changing the nature of production agriculture. For example, rather than spraying herbicides all over a field, new sensors and control technology will allow us to destroy individual weeds while minimizing other effects on crops or the environment. Fertilizer applications should be based on soil composition and precise yield measurement of a spot, rather than the whole field. Farmers will need more information and immediate access to data on their machines, crops, and the outside world to operate their business profitably. They will also need systems with advanced technology to accomplish

¹ Mention of specific products is for information only and not to the exclusion of others that may be suitable.

their work and maximize their productivity.

The purpose of this paper is to describe some of the new technologies in agricultural production and processing which may help us move into the "information age" of agriculture.

PRESCRIPTION FARMING

A Prescription Farming System (PFS), sometimes called precision farming or site-specific application, uses information about current field conditions as a function of location to assure precision application of nutrients and pesticide on a site-specific basis. To take full advantage of PFS, field data (such as soil types, nutrient levels, and yield goals) must be stored along with the location in the field. Field machinery must also recognize its own location in the field, and must have an automatic control system capable of changing application rates when needed. A geographical information system (GIS) is an ideal method for storing this spatial information, and a global positioning system (GPS) is ideal for pinpointing locations on the field.

A basic Geographical Information System (GIS) provides integration and analysis of spatial and statistical data from a variety of sources with a menu driven user interface to provide a friendly and efficient user environment. The system serves as a way to combine map information (possibly from many maps) with database information (called map attributes) which can be manipulated to form new maps or provide analysis results. The display of spatially varied information in map form often provides easier of storing data as images by which each separate area (also known as a polygon) on the image represents a separate value. Depending upon location, map attributes can include geohydrologic, agricultural, and demographic characteristics. Possible geohydrologic layers include depth to the water table and bedrock, media parameters, topography, fracture zones, and rainfall. Agricultural characteristics can include land use (forest/urban/crop..), crop variety, nutrient/pesticide names and application rates, and chemical characteristics. Demographic layers might include population distributions, locations of drinking water wells, and roads.

The purpose of a GIS in prescription farming is to store data spatially. Output from GIS helps farmers to locate areas in a field that require specific amounts of fertilizer based on a set of criteria. Such input data could be soil types, nutrient deficiencies, and pest populations. From this data and other data, crop yields for each zone can be estimated and used to optimize fertilizer usage and pesticide spray plans.

A global positioning system (GPS) is a new technology that directly migrated from the defense industry. It utilizes a network of 24 satellites (21 working and 3 “on-orbit-spare”), deployed by the U.S. Department of Defense, to pinpoint locations anywhere in the world, 24 hours a day. A typical GPS can not only provide longitude and latitude information, but elevation and speed as well. Airplanes and ships have been using GPS for navigation for years. GPS can be coupled to automatic pilot to find a way back to home base or to fly to any one of hundreds of preprogrammed airports. Passenger cars equipped with a GPS receiver and street maps on CD-ROM are now available.

Until recently, typical accuracy of a GPS has been limited to within 15 meters. That’s more than enough for a ship or even for an airplane, but not very useful for farm operations in a small field. With the development of “differential GPS” (DGPS) with single or multiple reference stations, accuracy of one centimeter is possible if rapid update is not necessary. On a near-real time basis, today’s DGPS can pinpoint the location with sub-meter accuracy. Since most GPS are capable of building multiple “routes” by storing hundreds of “waypoint” along the path, it won’t be long until an automatic guidance system with a GPS drives tractors and sprayers by itself.

GPS can be used for tracking spray trucks, tractors and combines. Combining the location information from GPS and recorded information on GIS, the fertilizer or pesticide amounts can be adjusted on-the-go. The GPS can also be used in field data collection for GIS and other purposes. Replacing volumes of paper forms, notebooks, and other equipment, a notebook computer (possibly pen-based) with a dedicated GPS receiver can greatly simplify and integrate all aspects of field data collection into a single database. In another example, a combine may have a precision yield measurement transducer along with a GPS, so that next year’s yield goals can be based on this year’s yield on a site-specific basis. For orchard farmers, a tractor with GPS /Imaging system can be just driven through to measure total tree volume, which can be used to estimate total harvest production or amount of pesticide needed for the next spraying schedule.

The technology is readily available to implement a remarkably accurate prescription farming system (PFS). The question that remains is whether or not the cost of a PFS is worthwhile, and the compromise between environmental protection and field productivity. Different levels of automation, accuracy, and cost must be compared to find an optimum system.

INTELLIGENT MACHINES

Productivity and reliability of field machinery will continue to improve. As

farming operations become specialized in what they do best or what is best done in a certain field, field machinery will also become more specialized and specifically designed for certain conditions. Emphasis in machine design will be directed to developing products that can fill niches, by modularity of design or by adding specific options to base machines. Tomorrow's machines will be designed so that fewer trips will be required to get the same field work done. Soil compaction will be still an item of concern, and traffic will be controlled to certain zones in the field. Automatic guidance systems will be used to eliminate plant markers, overlaps and skips while doing field work. As moisture conditions, crop densities, soil organic matter contents, and other field conditions change, a machine will automatically make adjustments on-the-go through sensors and artificial intelligence.

Field machines will require more instrumentation and controls for complete control and adjustments of the machines. One of the practical problems associated with such an intelligent machine is the communication between systems and peripherals. Many companies are developing their own computer-based instrumentation for a specific purpose, without regard for an ability of additional systems to be compatible with or to be able to communicate with equipment from other companies. Interconnections and communications between instruments are becoming extremely difficult as more and more wires are running along a tractor. What is needed is a comprehensive communication standard that is, a common network architecture and a communication protocol.

Two groups within the American Society of Agricultural Engineers (ASAE) have been working for the past four years to develop or adopt communication standards for agricultural applications. These groups are: 1) IET-353/1, Mobile Equipment Communication Standards Committee and 2) IET-353/2, Fixed Equipment Communication Standards Committee. The IET-353/1 Committee, often referred to as a Mobile Group, has been working with SAE (Society of Automotive Engineers) and ISO (International Organization for Standardization) to form the ConAg (Construction-Agriculture) Multiplexing Task Force under the umbrella of EMI (Equipment Manufacturer's Institute). They are currently working out details of a SAE Standard J1939: "Recommended Practice for a Serial Control and Communications Vehicle Network."

The purpose of the J1939 Standard is to provide guide lines for an open interconnecting system for electronic systems which will allow electronic devices to communicate with each other by providing a standard architecture. Vehicles of interest include, but are not limited to, on and off highway trucks and their trailers, construction equipment, and agricultural equipment and implements. The J1939 Standard has adopted the CAN (Controller Area

Network)² protocol, based on the Open System Interconnect (OSI) Model developed by ISO. Although CAN is capable of communicating at 1 Mbps (bits /sec), the current draft of J1939 specifies operating speeds up to 250 kbps. A shielded, twisted pair of wires was adopted as the physical layer of the network for the truck and bus industry, while non-shielded twisted quad cabling is under consideration for the agricultural industry. J1939 also defines device node names and addresses, protocol or rules for constructing a message, data formats contained within each message, accessing the bus, and detecting transmission errors.

Requirements for a fixed equipment communications standard is somewhat different from those of mobile equipment, because they involve a wide variety of applications. These applications range from irrigation systems to on-the-farm grain drying to environmental control of poultry houses to process control of food processing plants. The required volume of information and processing speed for these applications vary from relatively small and slow for many on-farm applications to relatively large and high for processing plant applications. Communication lines for these applications often stretch long distances-much longer than mobile communication applications. The IET-353/2 Fixed Equipment Communication Standards Committee, working closely with their European counterparts, has been trying to identify and adopt an existing open communication standard or protocol which offers the most promising advantages for fixed agricultural applications. Considering that CAN is a protocol for relatively short range (40-50 m), the two standards which appear to be most promising for fixed equipment are CEBus and LonWorks.

The CEBus (Consumer Electronics Bus) is being developed by EIA (Electronics Industries Association) for home automation functions such as remote control and instrumentation, energy management, security systems and entertainment device coordination. Physical media which can be used with CEBus include PL (power line), CX (coax), RF (radio frequency), TP (twisted pair), IR (infrared), and FO (fibre optic). Transmission line lengths can reach 150 m using PL. Data rates are typically less than 10 kbps, which though adequate for home automation, may be too slow for many industrial applications. A major advantage of CEBus is its compatibility-every implementation of CEBus will be able to co-exist and communicate with any other implementation. Although EIA has set up a CEBus Industry Council to develop conformance test standards for CEBus equipment from different manufacturers, the conformance specifications are not yet complete, and, as a

² BOSCH CAN Specification Version 2.0, 1991, Robert Bosch GmbH, Postfach 50, D-7000 Stuttgart 1.

result, very little hardware for implementing CEBus is available at this time.

LonWorks, in contrast to CEBus or CAN, was developed by a single company (Echelon Corporation) which was later joined by semiconductor companies Motorola and Toshiba. Currently, more than 500 companies are either using or developing LowWorks compatible industrial grade products for a wide variety of applications. LonWorks is a means of building local area networks with groups of intelligent, independent nodes using a variety of communication media to implement sensing and control systems. Physical media currently supported by LonWorks include PL, RF, TP, IR and FO. A twisted pair can operate at 78 kbps up to 2,000 m or at 1.25 Mbps up to 500 m depending on the control module. A serial LonTalk Adapter is also available to allow attachment of any host processor to a LonWorks network using an EIA-RS232 serial interface. The LonWorks protocol is incorporated into the Neuron Chips made by Motorola and Toshiba. The Neuron Chip was designed to take care of developing new protocols and new executives for new applications, and developing new drivers for new applications, which Echelon claims take up to 90% of new system's develop time. This leaves application developers with a need to develop only about 10% of the code relating directly to control logic. At this point, the flexible features, open architecture, availability, support by industry and semiconductor companies of LonWorks would seem to favor this standard over others for fixed agricultural equipment applications.

INTEGRATED TECHNOLOGY AND DECISION SUPPORT

Now let's say we have all these marvelous technologies such as intelligent machines, new sensors and control systems that can talk to each other. Will this be enough to achieve highest possible productivity at a minimum cost? The intelligent machines can help us make tactical decisions like where to spray and how much to spray, but what about strategic decisions a farmer has to make over a growing season? Should I spray today? or next week? When do I need to plant? Should I irrigate today or tomorrow? While we can make a subjective and qualitative decision based on experience and advices from others, it would be better if we can have quantitative, value-added information to support our decision. Farm computers, software, and agricultural networks will have to work together and play a big role in farming operations in providing crop-specific and weather-specific information. Here's a working example of such a decision support system in that scientists, engineers, public agencies and farmers work together to achieve their objectives.

GOSSYM-COMAX is an integrated computer system which farmers and their advisers use to help make real-time management decisions about irrigation, fertilization, chemical application, growth regulation and crop termination in cotton across the cotton belt of the U.S. Combining a process-oriented crop growth simulator (named GOSSYM for GOSSYPium siMulator) and an expert system (COMAX for COTton MAnagement eXpert), GOSSYM-COMAX runs on an 80386 or better computer and integrates many of the variables that influence the economic return from the crop. Weather, soil and cultural practice inputs allow prediction of how the crop will photosynthesize, grow, fruit and mature. From the user's point of view, two methods of decision support are available:

1. "What if" games can be played on the simulator. "What if" I irrigate next week? What would be the effect on net return? "What if" I sidedress with NH_4NO_3 , but it doesn't rain for next two weeks?

2. If requested, the expert system will "recommend" rates and timing of water and nitrogen fertilizer.

GOSSYM, the crop simulator, consists of equations which quantify the physical, chemical and physiological processes occurring within the crop and soil. Required inputs include hydraulic characteristics of the soil, physical status of the crop, daily max and min temperature, total solar radiation, rain fall and wind run. The simulation result is the quantitative crop performance, including net return, during the remaining season with and without the hypothesized practice. Since using the crop simulator in decision support of farm operation requires repeated testing of hypotheses of cultural practices and future weather scenarios, a simple expert system (COMAX) is implemented to assist in exercising GOSSYM and to construct and evaluate hypotheses in reaching a cognitive recommendation.

GOSSYM-COMAX has been developed jointly by Clemson University, Mississippi State University, and Crop Simulation Research Unit of USDA-ARS (U.S. Dept. of Agriculture-Agricultural Research Service). The effort began in 1973 and the first system was implemented in 1984. Since then, farmers, researchers and government agencies all work together in evaluating and improving the system. As of 1994, more than 300 farms from California to North Carolina are using the system for irrigation scheduling, side dressing amounts and timing, defoliation timing, date of planting and replanting, insecticide scheduling, and growth regulator management. This example shows that the knowledge and technology are available to combine production and marketing

economics into a total enterprise decision support system, suitable for farm operation.

INTELLIGENT INSPECTION SYSTEM

Computers can calculate, measure, count and remember much better than humans, but even a small child is better at pattern recognition in an ambiguous situation than the best computer. For computer vision inspection to be successful in the agricultural and food industry, there is a need to develop an inspection system intelligent enough to recognize similarities and differences among sets of object with high variability. Agricultural and food products have high variations in appearance of acceptable objects, and high variations in appearance of defective objects. There are unpredictable defects and ambiguous criteria. The challenge for research lies in developing a robust inspection system that recognizes patterns and classes amid high variability and ambiguity, and sets its own decision criteria based on those perceptions.

One key principle of such an intelligent inspection machine is a "global" analysis. In traditional machine vision inspection systems, every pixel in the image plane is analyzed to calculate specific features such as edges, distance, length and width of the object in a "local" algorithmic approach (quantitative analysis). A "global" approach analyzes all relationships at once and systematically compares the overall appearance of any object to that of any other object (qualitative analysis). The "global" method resembles the human processor in significant ways. While the human is not very good at rapidly gauging and counting specific aspects of an object, the human eye-mind combination has an extraordinary ability to take in the general shapes and appearance of the object and to sense very quickly if "everything is OK" or if some aspect of the object "doesn't look right." The underlying strength of global analysis is its ability to detect unforeseen, unknown defects in a multi-class inspection system without the need for reprogramming the system.

Another aspect of an intelligent inspection system is its versatility. In traditional inspection, algorithms are programmed to identify feature elements, and criteria and tolerances must be specified on each of the parameters to be measured. With such methods, a simple inspection problem becomes a significant intellectual feat, performed only by a trained and perceptive programmer, and every visual classification problem requires a separate recognition strategy. Instead of specifying new parameters and rewriting inspection algorithms every time a production line changes, an intelligent inspection system can "learn" or be "trained" to automatically distinguish

among object classes and set its own decision criteria. Current trend in the machine vision industry is to incorporate artificial intelligence into machine vision inspection systems. Most of these efforts has been directed at the use of expert system or neural network with the traditional quantitative algorithmic approach. The self-learning capabilities of neural network can be strengthened by global analysis approach in developing a robust, intelligent inspection system for agricultural and food processing industry.

BIOTECHNOLOGY

Biotechnology is the engineering or biological process that uses living organisms or biological materials to improve our quality of life and to expand the availability of useful products. Why should the traditional agricultural engineer be concerned with biotechnology? It likely will represent a large part of his/her future opportunities as suggested in the phrase “engineering or biological process.” It is the role of the engineer to produce predictable and controllable processes and products for the benefit of mankind. More specifically it is the traditional role of the agricultural engineer to produce predictable and controllable processes for agriculture. To accomplish this role, the agricultural engineer has held the distinction among engineers as those who have uniquely sought to apply engineering principles to living systems. Biotechnology represents a rapid advance in the commercial potential of living, or biological, systems. Consequently, the *biological engineer* of today and tomorrow must embrace the responsibility to advance his/her professional practice within and beyond production agriculture. Other biological areas demanding engineering attention and scale-up now include, but are not limited to, plant and animal genetic manipulation, food and fiber bioprocessing, fermentation for microbial and secondary biological products, bioremediation, biosensors, biological waste handling, ecology management, and biological pest control.

Integrated Pest Management Program in USA emphasizes the use of biological control agents over traditional chemical application wherever possible. Biological control includes management of insects, mites, nematodes, weeds, and plant pathogens by agents such as predators, parasites, pathogens, and competitors. For example, a virus or hormone can be used to control an insect pest, or a fungus or parasites bacteria may deter the growth of a weed. Who will develop application technologies for these biological control agents? Some of these agents are susceptible to mechanical damages when going through pumps, valves and nozzles. Some may be susceptible to high

temperature in the spray tank. Most of these biological agents are so expensive that precision placement with uniform coverage is essential. What we need is a new application technology that will improve the deposition and efficacy on target organisms with minimum exposure to non-target species, which will minimize negative environmental impacts.

Simultaneous development of biotechnology and microelectromechanics (MEMS) may lead us to biosensor technology. A biosensor is a transducer that has an biologically active sensing device. The sensing device of a biosensor can be a microbe, a single cell from a multicellular animal, or a cellular component such as an enzyme or antibody. A biosensor may be designed to measure the minute quantities of biological substances that can have overwhelming impacts on life and our environment. A biosensor can be used in food processing machinery to detect sensory and microbial activity. The information from the sensor will be used in automatic process control to maintain freshness, quality and safety of food products. A moisture sensor could be planted with a crop, which communicates with sprinkler irrigation system as it passes over and allows exact amount of water to be applied.

This will not only optimize water use and pumping energy required, but also reduce the environmental effects of fertilizer loss due to runoff and percolation. Moreover, the moisture sensor could be designed with bio-degradable components that decompose and fertilize the crops after a season's use.

Plant tissue culture, or micropropagation, is another example technology that solicits the attention of the agricultural/biological engineer. It is both the method and the bottleneck to realization of the rapid replication of desired genetically-altered plant products. Micropropagation has become a widely adapted methodology for commercial plant production because of its rapid multiplication potential for genetically identical propagules. Yet, the same highly labor-intensive protocols practiced in research laboratories are traditionally transferred directly to commercial operations. Little effort has been made to achieve higher efficiency in commercial scale-up operations. Biological engineers have begun addressing this process from the standpoints of alternative liquid/membrane cultural techniques, environmental modification and control of nutrients and atmosphere, and materials handling. Scale-up of plant tissue culture certainly offers opportunities and challenges to the engineer interested in applying engineering principles to living systems, even on the miniature tissue level.

CONCLUSIONS

Tomorrow's agriculture will need to address two major factors: productivity and environment. We have seen that knowledge and technology are already available or impending to improve productivity and to optimize the input costs while balancing our environmental concerns. Now it's time for scientists, engineers, public agencies and farmers to work together to implement these new technologies for expanding the availability of food and improving our quality of life.

ACKNOWLEDGEMENT

The author wishes to recognize and express sincere appreciation to the following for their constructive suggestions and furnishing valuable references and visual aids: Dr. Douglas L. Bosworth of John Deere Harvester Works; Drs. John C. Siemens and John W. Hummel of University of Illinois; Dr. Marvin L. Stone of Oklahoma State University; Dr. Bailey W. Mitchell of SE Poultry Research Laboratory; and Drs. John C. Hayes, Jerry R. Lambert and Roy E. Young of Clemson University.

첨단기술을 이용한 농업기계 연구개발¹ (Research and Development of Agricultural Machinery using State-of-the-art Technology)

한 영 조

미국 클렘슨대학 농업생물공학

I. 서 론

우리는 급속히 변해 가는 세계에서 살고 있다. 농업도 예외가 아니다. 1993년 우루과이 라운드와 더불어, 농업은 단일의 세계적인 범위를 가지는 산업이 되었다. 한 국가의 자국의 농업을 고가격지원정책과 제한적인 수입 장벽으로는 더 이상 보호할 수 없게 되었다. 곡류, 과일류와 채소류는 가장 경제적으로 재배할 수 있는 곳에서 재배 될 것이다. 적자생존의 세계에서는 가장 발달된 기술을 가지고, 적은 비용으로 고가 격의 생산물을 만들 수 있는 생산자만이 살아남을 것이다.

기계화를 위한 기계화는 과거의 것이 되었다. 농업 생산은 이미 기계의 시대에서 화학의 시대로 옮겨갔다. 기계적인 수단으로 생산성을 더 이상 높일 수 없을 때에 비료, 잡초 방제, 병해충 방제등과 같은 화학적인 방법들이 전위에서 더 높은 생산물을 주도했었다. 그러나 환경에 대한 관심이 고조되면서, 화학비료의 사용은 더욱 더 제한 되어져 왔고, 화학비료의 유출과 토양 침하는 주위 깊게 관찰되고 조절되어 왔다.

환경에 대한 관심과 제어 기술의 발달, 그리고 자동화는 농업을 정보화 시대로 유도하고 있다. 즉 새로운 기술은 농업 생산의 성격을 변화시키고 있다. 예를 들면 전체 포장에 제초제를 살포하기보다, 새로운 센서와 제어 기술은 개개의 잡초에 살포하여 죽임으로써 곡물과 환경에 주는 영향을 최소화 할 수 있다. 비료에 있어서도 전체 포장에 살포하는 것보다 토양의 조성파 각 위치마다의 정확한 생산량에 따라서 행하여져야 할 것이다. 농부는 자신의 경영을 보다 적절하게 수행하기 위해서 자신의 기계와 곡물, 그리고 외적 조건에 대한 더 많은 정보를 요구하게 될 것이고 이에 대한 신속한 접근을 요구할 것이다. 그들은 또한 자신들의 작업을 수행하고 더 많은 생산물을 얻기 위해 발달된 기술을 적용한 시스템을 요구하게 될 것이다.

이 논문의 목적은 우리를 농업 정보화 시대로 인도하는 농업에서의 생산과 공정에 대한 신 기술을 소개하는 데 있다.

¹ 특정한 제품을 언급하는 것은 단지 정보 차원에서 행하여진 것이며, 관련된 다른 제품들을 배제하는 것은 아니다.

II. 처방농업(Prescription Farming)

처방농업시스템(PFS)은 종종 정밀 농업(precision farming) 또는 특정위치적용(site-specific application)으로 불리는 데 이 방법은 현재 포장에 대한 상태 정보를 위치에 대한 함수로 사용함으로써 특정 위치에 비료와 살충제의 사용을 정확하게 조절할 수 있다. PFS를 발전시키기 위해서는 포장에 대한 정보가 각 위치에 따라 토양의 유형과 비옥도, 생산목표등과 같은 정보로 마련되어야 한다. 포장 기계는 포장 내에서 현재의 위치를 인식함으로써 필요할 때마다 적용률을 변화시킬 수 있는 자동 제어 시스템이 있어야 한다. 지리 정보시스템(GIS)은 이런 공간 정보를 저장할 수 있는 이상적인 방법이고, 지구방위시스템(GPS)은 포장에서의 현재 위치를 인식할 수 있는 이상적인 방법이다.

간단한 GIS는 여러 종류의 자료에서 나온 공간데이터와 통계데이터를 종합하여 분석할 수 있으며, 사용자가 쉽고 효율적으로 쓸 수 있는 환경을 제공하는 메뉴구동방식의 사용자 인터페이스를 가지고 있다. GIS는 “지도 속성”이라고 불리는 데이터베이스 정보 -이 정보는 여러 가지 새 지도를 만드는 데 사용되거나 분석 결과를 제공한다- 와 여러 지도에서 가져올 수 있는 지도 정보를 결합시키는 형태로 작동한다. 공간적으로 변하는 정보를 지도 형태로 출력함으로써 많은 양의 데이터를 쉽게 이해할 수 있게 하여준다. 전형적인 GIS 프로그램은 영상 위에서 각각의 분리된 면적(또한 페다각형으로도 알려져 있음)이 서로 다른 값(속성값)을 가지게 표현하여 데이터저장의 기능을 제공해 준다.

지도의 속성은 장소에 대하여 할당되는 것으로서 지형 수리와 농업과 인구 통계학 등이 속성이 될 수 있다. 지형 수리 layer는 지하 수면과 상암의 깊이, 매개 인자, 지형학, 단구 지역, 강수량이 될 수 있다. 농업적인 layer는 토지이용(지역이 삼림, 도시, 작물 지역 등), 곡물의 다양성, 비료/해충제 이름과 살포 비율, 화학적 특성이 될 수 있다. 인구 통계학 layer는 인구 분포, 음용수의 위치, 도로들이 될 수 있다.

처방농업에서 GIS를 이용함으로써 데이터를 공간적으로 저장할 수 있다. GIS에서 나온 출력은 농부들에게 포장에서 제반의 설정된 기준에 의하여 특정한 양의 비료가 필요한 지역을 찾아내는데 도움을 줄 것이다. 여기에 필요한 데이터는 토양의 유형, 부족한 영양소, 해충의 수와 같은 것이 될 것이다. 이 데이터와 다른 데이터로부터 특정한 지역의 곡물 생산이 예측될 수 있고, 비료의 사용과 해충방제계획을 최적화하는데 사용될 수 있다.

GPS는 방위산업으로부터 직접 이전된 신 기술이다. GPS는 미합중국 방위국에서 배치한 24개의 위성(21개는 작동중이고 3개는 예비)과의 통신망을 이용하여, 지구상 어느 곳에서도 하루 24시간 동안 위치를 지정해 낼 수 있다. 전형적인 GPS는 경도와 위도 정보뿐만 아니라 고도와 속도도 제공해 준다. 비행기와 선박은 GPS를 수년 동안 항운과 항해에 이용해 오고 있다. GPS는 자동항운장치와 결합하여, 기지로 돌아오는 항로를 찾아낼 수 있고, 미리 프로그램된 수백 개의 비행장중 하나에게로 날아갈 수 있게끔 한다. GPS 수신기와 도로망이 들어 있는 CD-ROM이 갖추어진 자동차는 현재 사용되고 있다.

최근까지 GPS의 사용은 15m 내외의 오차로 제한되어 왔다. 이것은 선박과 비행기

에는 충분히 적합하지만, 작은 포장에서의 농작업에는 유용하지 못하다. 하나 또는 여러 개의 기준 위치를 가진 차분GPS(Differential GPS)의 개발로, 빠른 정보의 갱신이 필요하지 않다면, 1 cm의 정확도가 가능하다. 실시간 기준에서 현재의 DGPS는 1 meter이내의 정확도를 가지고 있다. 대부분의 GPS시스템이 길을 따라 수 백개의 경로를 표시하는 점들을 저장함으로써 여러 개의 “경로”를 만들 수 있으므로, 머지않아 GPS를 가진 자동운전시스템에 의해 구동되는 트랙터와 스프레이어가 대두될 것이다.

GPS는 스프레이어를 견인하는 트럭과 트랙터, 콤바인에 이용될 수 있다. GPS로부터 위치 정보와 GIS에 기록된 정보를 결합하여, 비료와 해충제의 양이 작업중에 조정될 수 있을 것이다. GPS는 또한 GIS를 위한 포장데이터수집과 다른 목적으로도 사용될 수 있다. 많은 양의 문헌과 노트와 다른 장비들을 대신하여, (아마도 펜을 쓸 수 있는) GPS 수신기가 장착된 노트북 컴퓨터를 사용함으로써 모든 종류의 포장데이터수집을 하나의 데이터베이스로 단순화하여 통합할 수 있다. 다른 예를 보면, GPS와 더불어 포장에 대한 정확한 수확량의 측정 장치를 가진 콤바인은, 해당 장소를 중심으로 한 현재의 수확량을 기반으로 하여 다음 해의 수확 목표를 설정할 수 있을 것이다. 과수원 농부를 예로 든다면, GPS/영상 시스템을 가진 트랙터는 전체 과수의 부피를 측정하여 구동될 수 있는데, 전체 생산량을 예측한다든지, 다음번 살포할 해충제의 양을 예측하는데 사용될 수 있다.

이 기술은 매우 정확한 PFS를 운용하는데 사용될 수 있다. PFS의 가격이 적당한가와, 환경 보호와 포장의 생산량과의 타협이 문제로 남는다. 최적의 시스템을 만들어 내기 위하여, 각각의 다른 수준의 자동화와 정확성, 가격 등이 비교되어야 할 것이다.

Ⅲ. 지능 기계(Intelligent Machine)

농업기계의 생산성과 신뢰성은 계속 개선되고 있다. 농장 경영이 전문화되고 포장의 효율이 극대화됨에 따라 농업기계는 더욱 전문화되어 가고 있고, 특별한 조건만을 위한 기계가 설계되고 있다. 기계 설계에서의 강조 사항은 기본 제품에 특별한 옵션을 부가하거나, 모듈화함으로써 요구를 만족시킬 수 있는 개발품이 되어야 할 것이다. 오늘날의 기계들은 최소경운을 위해 설계되는 것이 요구되어진다. 토양 다짐 현상에 대해 관심이 고조되어져 가고 있고, 통행은 포장 내에서 어떤 영역 내로 제한될 것이다. 자동운행시스템은 작물위치표시를 없앨 것이고, 포장작업도중에 발생하는 중첩과 결행을 없앨 것이다. 습도, 곡물의 밀도, 토양 유기물의 성분과 다른 토양 조건의 변화에 따라 기계는 자동적으로 센서와 인공지능을 통해 계속적으로 조절되어질 것이다.

포장기계는 기계의 완전한 제어와 조정을 위해 더 많은 장비와 제어 기법을 필요로 하게 될 것이다. 이러한 지능 기계와 관련된 실제적인 문제중 하나는 시스템과 주변장치와의 통신이다. 많은 회사들은 특별한 용도의 컴퓨터 기반의 장비들을 개발하고 있으나, 다른 부가적인 시스템과의 호환과 다른 회사에서 만드는 제품과의 호환을 고려하고 있지 않다. 장비 사이의 상호 연결과 통신은 트랙터에 더 많은 전선이 배치될수록 어려워지고 있다. 여기에서 필요한 것은 광범위한 통신 표준이다. 즉, 일반적인 통

신 기술과 통신 조약이다.

미국 ASAE내의 두 개의 그룹은 과거 4년동안 농업에 적용하기 위한 통신 표준을 개발, 적용하기 위해 일하고 있다. 두 개의 그룹은 1) IET-353/1, Mobile Equipment Communication Standards Committee 2) IET-353/2, Fixed Equipment Communication Standard Committee이다. IET-353/1 위원회는 가끔 Mobile Group으로 불리며, SAE(Society of Automotive Engineers)와 ISO(International Organization for Standardization)와 같이 EMI(Equipment Manufacturer's Institute)의 지원 하에 ConAg(Constructive-Agriculture) Multiplexing Task Force를 결성하려 하고 있다. 이 그룹은 현재 SAE 표준 J1939의 "Recommended Practice for a Serial Control and Communication Vehicle Network" 세부 작업을 하고 있다.

J1939 표준의 목적은 표준이 되는 기법을 제공함으로써 서로 다른 기계와 통신하기 위한 전자장치를 가진 전자시스템에서의 공개적인 상호 연결 시스템에 대한 기준을 제공하는 것이다. 관심이 되어지는 차량은 포장도로/비포장도로 차량과 트레일러, 건설 장비, 농업용 장비와 기구들이다. J1939 Standard는 ISO에서 개발한 OSI(Open System Interconnect) Model를 기반으로 하는 CAN(Controller Area Network)²을 채용했다. CAN의 전송 속도가 1Mbps(bits/sec)이지만, 현행 J1939는 작동 속도를 250kbps로 규정하고 있다. 2가닥 실드선이 과거에 트럭과 버스의 전송선의 물리적인 layer로 채택되어져 왔지만, 봉인되어지고 꼬아진 네 개의 케이블이 농업에 고려되고 있다. J1939는 장치의 노드이름과 주소 지정, 메시지와 각각의 메시지를 가진 데이터 양식의 작성을 위한 조약과 규칙, 버스로의 접근과 전송 오류를 검출 등을 정의하고 있다.

정치식 장비의 전송 표준에서 요구되어지는 것은 운동 장비의 전송전달체계와 다른데, 이는 정치식 장비가 많은 적용 범위와 연관이 되어 있기 때문이다. 이러한 적용 범위는 관개 시스템에서부터 농장의 곡물 건조기, 계사내 환경 제어, 식품가공공장의 공정 제어까지 이른다. 여기서 요구되어지는 정보의 양과 처리 속도는 농장에서의 많은 적용에서처럼 상대적으로 적고 느린 것과 공장 공정에서의 적용과 같이 상대적으로 많고 빠른 것이 있다. 이러한 적용 예에서의 통신선은 운동 장비의 통신에서보다 보통 더 길다. IET-353/2, Fixed Equipment Communication Standard Committee는 유럽의 상대자들과 연관을 맺으면서 현존하는 공개 통신 표준과 정치식농업적용에서 이점이 있는 규약에 대해 조사, 분석하려 하고 있다. CAN이 상대적으로 짧은 40~50m에서 protocol인 것을 고려해 볼 때 CEBus와 LonWorks가 정치식장비에 가장 유력한 표준으로 떠오르고 있다.

CEBus(Consumer Electronic Bus)는 EIA(Electronics Industries Association)에서 원격 제어 및 조종, 에너지 관리, 완전 시스템과 오락 기기와 같은 가정 자동화를 위해서 개발하고 있는 제품이다. PL(power line), CX(coax), RF(radio frequency), TP(twisted pair), IR(infrared), FO(fiber optic)과 같은 물리적인 매

² BOSCH CAN Specification Version 2.0, 1991, Robert Bosch GmbH, Postfach 50, D-7000 Srurrarg 1.

체들은 CEBus를 사용할 수 있다. PL을 사용할 때는 전송 길이가 150m에 이른다. 데이터의 전송률이 일반적으로 10kbps이하로 전형적으로 작아 가정용으로는 적합할지 모르나 산업용으로는 적합하지 못하다. CEBus의 가장 큰 장점은 호환성인데 CEBus의 모든 장비들은 다른 여타의 장치와 공존과 통신이 가능하다. EIA가 CEBus 산업 위원회를 설립하여 다른 제조자로부터 CEBus장비를 위해서 성능 시험 표준을 만들려 했으나, 아직 성능 시험 표준이 완성되지 않았으며, 그 결과로 현재 소수의 hardware만이 CEBus기구를 채택하고 있다.

LonWorks는 CEBus와 CAN에 의해서 단일 회사인 Echelon Corporation을 설립했으며, 후에 반도체 회사인 모토롤라와 도시바가 동참하였다. 현재 500개 이상의 회사들이 폭넓고 다양한 적용을 위해서 LonWorks 호환 산업용 제품을 사용하거나 개발하고 있다. LonWorks는 감지/제어 시스템을 구성하기 위해 다양한 장비를 이용하는 지능형, 독립 부분들을 LAN으로 구성하려는 방법이다. LAN에 의해 지원되는 매체는 PL, RF, RP, IR, FO등이다. 2가닥선은 제어 모듈의 특성에 의해 2,000m에서는 78kbps, 500m에서는 1.25Mbps로 작동된다. 직렬 LonTalk 아답타는 EIA-RS232직렬 인터페이스를 사용하는 LonWorks network로 다른 중앙 연산 장치가 접근하는 것을 가능하게 한다. LonWorks 규약은 모토롤라와 도시바의 신경침에 이용이 되고 있다. 신경침은 새로운 규약과 실행기법을 개발하고, 새로운 구동장치 개발에 이용되고 있는데, Echelon은 새로운 시스템의 개발 시간중 90%가 여기에 투자된다고 주장한다. 이것은 새로운 적용을 위해서 개발자는 단지 직접적으로 관계된 제어중 10%만을 개발하는 것이 요구된다는 것이다.

이 시점에서 다양한 특징, 공개된 기법, 유용성 등을 갖는 LonWorks에 대한 산업체와 반도체 회사들의 지원은 정치식 농업장비에 대한 응용을 위해 이러한 표준 사양을 선택하도록 할 것으로 보인다.

IV. 통합 기술과 의사 결정 지원 시스템 (Integrated Technology And Decision Support)

이제 우리는 지능 기계와 새로운 센서 및 제어 시스템과 같은 경이로운 기술에 대해서 다른 사람들과 이야기할 수준이 되었다고 하자. 그러나, 이것이 최소의 경비로 최대의 생산을 이루어 내는데 충분한가? 이 지능 기계는 우리에게 어디에 얼마나 방제할 것인가 하는 선에서 도움을 줄 수 있으나, 농부가 성장기 동안에 내려야 하는 계획적인 결정에는 어떠한가? 오늘 방제할 것인가? 아니면 다음주? 언제 씨를 뿌릴 것인가? 오늘이나 내일쯤 물을 댈까? 우리가 자신의 경험과 다른 사람들의 조언을 바탕으로 주관적이고 질적인 결정을 내릴 때, 만약 우리가 더욱 질적인 결정을 위한 가치 창조적인 정보에 의존하여 결정을 내린다면 더욱 좋을 것이다. 농업에서 컴퓨터, 소프트웨어, 농업 정보망은 곡물과 날씨에 대한 정보를 제공함으로써 농부와 같이 일할 수 있을 것이며, 큰 역할을 담당할 수 있을 것이다. 여기에 실제적으로 운용되고 있는 예로 결정지원시스템안에서 공동의 목적을 위해서 과학자, 기술자, 정부 기관과 농부와 의 공동 작업의 예가 있다.

GOSSYM-COMAX는 통합 컴퓨터 시스템으로 관개, 비료 살포, 화학 방제, 성장 조절, 미국 내의 목화 재배 단지의 목화의 수확 시기 등을 결정하기 위해 농부 또는 조연자들이 사용하고 있다. 처리 지향의 목화 성장 시뮬레이터인 GOSSYM (GOSSYpium siMulator)와 전문가 시스템인 COMAX(Cotton Management expert)을 결합하여 만든 GOSSYM-COMAX는 386컴퓨터와 그 이상의 기종에서만 수행이 되며 작물 재배로부터의 경제적 수익에 영향을 미치는 많은 변수들을 통합할 수 있다. 날씨, 토양, 재배 방식과 같은 입력 변수는 어떻게 곡물이 광합성하고 성장하고 열매를 맺고 수정하는 가에 대한 예측을 가능하게 해 준다. 사용자의 관점에서 볼 때 두 가지의 의사결정지원이 이용될 수 있다.

1. 시뮬레이터상에서 “-라면 어떨까?”라는 게임을 할 수 있다. 다음주에 관개를 하면 어떨까? 순이익에 어떤 영향이 있을까? 만약 내가 질산암모늄을 측방시비 하였는데 다음 두 주에 비가 오지 않으면 어떻게 될까?
2. 필요하다면, 전문가 시스템은 물을 덜 시간과 그 비율과 비료의 양을 추천하여 줄 것이다.

GOSSYM은 작물 성장 시뮬레이터로서, 곡물과 토양 내에서의 물리적, 화학적, 생리학적 과정에 관한 방정식으로 구성되어 있다. 요구되는 입력 값은 토양의 수력학적 특성과 곡물의 물리적 상태, 매일의 최고, 최저 온도, 총일사량, 강우량, 바람의 세기 등과 같다. 시뮬레이터의 결과는 남은 기간 동안에 가정된 추가적인 작업이 있을 때와 없을 때의 순이익을 포함한 작물 성장/수확량의 변화 등이다. GOSSYM을 농장 경영의 의사결정지원시스템으로 사용하기 위해서는 재배 양식과 미래의 날씨와 같은 가정들을 변화해 가면서 여러 번 수행해 보아야 하므로, 전문가 시스템 COMAX는 GOSSYM의 수행을 돕고 적절한 추천 사항에 도달하기 위한 가정들을 세우고 이를 평가하는 일을 한다.

GOSSYM-COMAX는 클렘슨 대학(Clemson U.), 미시시피 주립대학(Mississippi State U.), 미농무성 농업연구의 작물 성장 시뮬레이션 연구팀(Crop Simulation Reaserch Unit fo USDA-ARS)에서 공동으로 연구하였다. 이 연구는 1973년에 시작이 되었고, 1984년에 처녀작이 나왔다. 그 이후로 농부, 연구자들, 정부 기관은 공동으로 시스템을 평가하고 향상시키기 위해 노력하였다. 이러한 노력으로 1994년까지 캘리포니아(California)에서 North Carolina까지 500여 농장이 관개, 측방시비의 양과 시기, 낙엽이 지는 시기, 파종 시기, 이식 시기, 성장조절경영을 위하여 이 시스템을 사용하고 있다. 이는 지식과 기술이 생산과 판매의 전체 경영을 위한 의사결정지원시스템에서 유용하게 이용될 수 있으며, 농장 경영에도 적절히 이용될 수 있음을 보여주는 예이다.

V. 지능적 검색 시스템(Intelligent Inspection System)

컴퓨터는 사람보다 더 빠르게 계산하고, 측정하며, 계수하고, 많은 용량을 기억할 수 있지만, 가장 좋은 어떠한 컴퓨터도 애매한 상황의 패턴을 인식하는데 있어서는 어린이보다도 못하다. 컴퓨터 시각 인식이 농업과 식품 산업에 성공적으로 이용되기 위해서는 많은 다양성을 가진 물체들간의 차이와 유사성을 인식할 만한 검색 시스템이 개발되어야 한다. 농업과 식품 생산물은 만족할 만한 제품 속에서도 외관에는 많은 다양성을 가지고 있고, 결함이 있는 제품도 외관에 많은 다양성을 가지고 있다. 또한 예측하지 못하는 결함이 존재하고 판단 기준도 애매하다. 현재 진행되고 있는 연구들은 다양함 및 애매함 속에서 패턴을 인식하고 분류하며, 인식함에 있어서 자체의 기준을 설정하는 지능 검색 시스템을 개발하는 것을 목적으로 하고 있다.

이런 지능 검색 시스템의 관건이 되는 원리는 ‘전체적(global)’ 분석이다. 관행적인 기계시각검색시스템은 국부적(local)인 알고리즘 분석(양적 분석)에 의해 경계, 거리, 길이, 물체의 폭과 같은 외형적인 특성을 파악하기 위해 평면의 모든 점들이 계산되었다. 전체적 시스템은 동시에 모든 관계가 분석되어지고, 체계적으로 물체의 전체 외형이 어떤 다른 물체와 비교된다(질적 분석). 이러한 전체적 방법은 인간의 처리 방식과 유사하다. 인간은 어떤 물체의 특정 모습을 빠르게 측량하고 계수할 수는 없지만, 인간의 시각과 정신의 결합은 어떤 영상의 대체적인 모양과 형태를 감지하고 아주 빠르게 “모든 것이 좋은지” 또는 “물체의 어떤 면은 바르지 않은지”를 감지해 낼 수 있다. 전체적 분석의 가장 큰 장점은 다중검색시스템에서 시스템을 재프로그램할 필요 없이 예측되지 않은 또는 알려지진 않았던 결점들을 찾아내는 능력에 있다.

지능검색시스템의 다른 특징은 다용성이다. 관행적인 검색에서는 알고리즘은 외형 요소를 식별하고, 기준과 허용 오차는 측정되어지는 변수마다 새롭게 정의되어야 한다. 그런 방법으로는 단순한 검색문제조차도 훈련되고 경험있는 프로그래머가 필요한 문제가 될 뿐만 아니라, 모든 영상 분류 문제들은 각각의 인지 계획이 필요하다. 새로운 변수를 정의하고 검색 알고리즘을 생산 라인이 변할 때마다 새로 작성하는 대신 지능검색시스템은 자동적으로 물체들을 분류/식별하고, 자신의 결정 기준을 만들어서 학습하고 훈련할 수 있다. 현재 기계시각인지는 농업은 기계시각인지는 시스템에 인공지능을 접목시키려고 하고 있다. 대부분의 이런 노력은 전문가 시스템과 신경망을 관행적인 양적 알고리즘 접근 방식과 직접적으로 결합하여 사용하고 있다. 신경망의 자기 학습 능력은 지능적인 검색 시스템의 개발에 전체적 분석접근방법과 더불어 농업과 식품공정산업에서의 기계시각인지 성능을 강화시킬 것이다.

VI. 생물 공학(Biotechnology)

생물 공학은 살아 있는 유기체나 생물학적인 물질로 우리의 생활의 질을 높이고 유용한 제품의 효용성을 증가시키는 공학 또는 생물학적 공정이다. 왜 관행적인 농공학자가 생물 공학에 관심을 가져야 할까? 이에 대한 해답은 미래 산업에서 “공학 또는 생물 공정”이라는 문구로 가장 잘 표현될 수 있다. 인식 가능하고 통제 가능한 공정을

개발하고 인간의 이익을 위한 제품을 만드는 일은 공학자의 역할이다. 관행적인 농공학자의 일은 좀 더 세분화하여, 농업에서 인식 가능하고 통제 가능한 공정을 만드는 것이다. 이 역할을 수행하기 위해 농공학자는 살아 있는 시스템에 공학의 원리를 적용하기 위해 노력하는 점에서 일반 공학자와는 다른 독특함을 가지고 있다. 생물학적 기술은 살아 있는 또는 생물학적 시스템의 상업적인 잠재성으로 인해 빠른 진보를 보이고 있다. 당연히 현재 또는 미래의 생물공학자는 생산 위주의 농업 및 이를 발전시킨 생물 공학으로 자신의 전문지식의 영역을 확장해야 할 것이다. 생물학적 영역으로의 공학적인 관심의 확대 요구는 식물과 동물의 유전자 조작, 식품과 섬유의 생물학적 공정, 미생물과 생물학적 제품의 2차 가공을 위한 발효, 생물학적 조정(biomediation), 바이오 센서(biosensor), 생물학적 폐기물 처리, 생태학적 통제와 생물학적인 해충 방제를 포함한다.

미국의 통합된 해충 관리 프로그램은 가능한 관행적인 화학적 방제보다 생물학적 방제의 사용을 권장하고 있다. 생물학적 방제란 곤충, 진드기, 선충류, 잡초와 식물 병원체의 방제에 숙주, 기생충, 병원체와 경쟁자 등을 이용하는 것을 뜻한다. 예를 들면, 바이러스와 호르몬은 해충을 통제하는데 사용될 수 있고, 곰팡이, 기생 박테리아는 잡초의 성장을 방해할 수 있을 것이다. 누가 생물학적 방제 및 숙주에 대한 적용 기술을 개발할 수 있을까? 이러한 숙주들은 펌프, 밸브, 노즐에 들어감으로 손상을 입힐 수 있다. 어떤 것들은 스프레이 탱크 내에 높은 온도를 발생시켜 손상을 입기도 한다. 대부분의 이런 생물학적 숙주들은 상당히 고가의 제품으로, 정확하고 균일한 살포가 필수적이다. 우리가 필요한 것은 새로운 적용 기술이고 이는 방제하려는 목표 유기체로의 정확한 살포를 통해 방제 효율을 극대화함으로써 원하지 아니하는 품종에 대한 영향을 최소화시키고 또한 환경에 대한 부정적인 영향을 최소화시키는 것이다.

생물 공학과 미세전자역학(microelectromechanic, EMMS)의 공동적인 연구 개발을 통해 우리는 바이오센서 측정 기술을 사용할 수 있게 될 것이다. 바이오센서는 감지 장치를 통해서 얻어지는 신호를 감지하는 생물학적 변환기이다. 바이오센서의 이 감지 장치는 다세포 동물이나, 효소와 항체와 같은 세포 구성물 내에서 단일 세포나 미생물이 될 수 있다. 바이오센서는 생명과 환경에 막대한 영향을 미치는 생물학적 물질의 아주 미세한 양을 감지할 수 있도록 고안될 것이다. 이 센서로 부터 얻어진 정보는 신선도, 질과 식품의 안전도를 유지하기 위한 자동 제어에 이용될 수 있다. 습도센서는 작물과 함께 심어져서 스프링클러 관개 시스템과 연계되어 필요한 물의 양에 대한 정확한 정보를 넘겨주고, 물을 공급할 수 있도록 하는 것을 가능하게 할 것이다. 이것은 물의 사용과 요구되어지는 펌프의 에너지를 최적화하고 비료의 유출과 토양 침투를 줄여서 환경에 미치는 영향을 최소화할 수 있을 것이다. 게다가, 습도센서는 생물학적 분해 요소를 이용하여 개발되면 영농기 이후에 분해되어 곡물의 거름이 될 수 있을 것이다.

식물세포배양이나 미생물 배양(micropropagation)은 농공학과 생물공학자에게 관심이 되는 다른 기술이다. 이것은 요구되어지는 유전자 조작 제품의 빠른 복제 생산의 실현을 위한 방법으로 가장 연구가 뒤쳐진 분야이다. 미생물 배양은 유전적으로 동일한 미생물 번식체의 빠른 복제 능력 때문에 상업적인 미생물 생산에서 광범위하게 채택되어지는 방법이다. 그러나, 연구 실험실에서 실행된 것과 동일한 높은 노동 집약

형 방법들은 관행적으로 상업적인 방법으로 전이되어 가고 있다. 대규모 상업적인 생산에서 높은 효율을 얻기 위한 연구는 거의 이루어지지 않고 있다. 생물공학자들은 이러한 기술들을 선택적인 액체/배제 배양 기술이라는 관점에서, 환경 조절과 음식물과 공기의 조절과 물질 조작의 이름을 붙이기 시작했다. 식물 배양 기술의 확대는 공학자들에게 아주 작은 세포 단위까지 살아 있는 시스템에 공학적인 원리를 도입하는데 기회와 목표를 제공하여 줄 것이다.

Ⅶ. 결 론

내일의 농업은 생산성과 환경이라는 두 가지 문제에 대해서 언급해야 할 것이다. 우리는 이미 우리의 환경에 조화를 이루며 입력되는 경비를 최소화하고 생산성을 높이는 데 있어서 유용하고, 이용 가능한 지식과 기술에 대해서 알아보았다. 이제 과학자, 공학자, 정부 기관과 농업 종사자들은 이러한 신기술을 삶의 질을 향상시키고 식품의 효용성을 증가시키는 일에 접목시키기 위해 공동으로 대처할 때가 되었다.

감사의 글(Acknowledgment)

저자는 건설적인 의견을 제시해 주고, 가치 있는 참고서와 실제적인 도움을 주신 분들에게 감사를 표합니다. John Deere 수확 연구소(Harvester Works)의 Dr. Douglas L. Bosworth; 일리노이 주립대학의 Drs. John C. Siemens와 John W. Hummel; 오클라마하 주립대학의 Dr. Marvin L. Stone; SE 가금 연구소의 Dr. Bailey W. Mitchell; 클렘슨 대학의 Drs. John C. Hayes, Jerry R. Lambert와 Roy E. Young

첨단기술을 이용한 농업기계 연구개발

남 상 일

동양물산기업주식회사 중앙기술연구소

농업이라는 산업의 형태가 기계, 전자, 소재, 생물공학 등 소위 첨단분야의 발전에 힘입어 점차 첨단화 되어 가고 있습니다. 또한 농업이라는 산업의 전통적인 가치인 식량생산이라는 명제 뿐아니라 산업사회가 발전함에 따라 환경보전 등 산업으로서의 새로운 가치는 저희 농업기계를 연구하는 사람들에게 새로운 시각을 요구하고 있습니다. 따라서 농업기계에 대한 연구개발도 첨단기술을 도입하여야 함은 당연한 일이라 하겠습니다.

현재 우리나라의 농업이 처한 입장은 무한경쟁을 의미하는 국제화시대에 떠밀려 갓 입교한 신입생처럼 무엇을 어떻게 해야 좋을지 모르고 당황해 하면서도 한편으로는 미지의 세계에 대한 아주 자그마하지만 낙관적인 기대도 갖고 있는 상황이라고 할 수 있습니다. 저희가 우리의 농업을 국제경쟁력이 있는 산업으로 발전시키기 위해서는 어떤 부문은 원가절감에 주력해야 하고, 어떤 부문은 상품으로서의 농산물을 차별화해야 하며, 어떤 부문은 틈새전략으로서 그 경쟁력을 키워나가야 합니다.

첨단기술이란 기계, 전자, 소재 등의 분야에서 보통 예로 들 수 있는 극한기술만이 첨단기술이 아니며 그로 인해 발생하는 파급효과가 큰 기술을 첨단기술이라고 할 수 있습니다. 우리의 농업분야에 있어서도 극한기술에 의한 농업생산 뿐아니라 우리의 실정에 맞고 그로 인한 농산물이 세계시장에서 경쟁할 수 있다면 이 또한 첨단농업이라고 할 수 있습니다. 우리의 농산물이 국제경쟁력을 갖기 위해서는 가격적인 면, 질적인 면, 또는 기술과 환경의 독점적인 면에서 비교우위에 있어야 하며 이를 위해서는 생산 과정에서 혁신적인 발상이 필요합니다. 특히 이때 기계화, 자동화 등은 새로운 발상을 현실화 시키는 가장 중요한 수단입니다.

우리나라의 농업을 첨단화하는데 농업기계의 역할은 절대적으로 중요하며 우리나라의 농업기계도 국제경쟁력을 갖고 있어야 농업의 첨단화를 이루어 낼 수 있을 것입니다. 기존의 농업기계류의 질과 가격면에서 비교우위를 달성해 내야 하며 또 새로운 개념의 농업기계의 개발면에서는 개발단계에서부터 국제경쟁을 하고 있다는 것을 명심하여야만 합니다. 개발하고자 하는 새로운 농업기계의 개념이 외국에 비해 뒤져있다면 경쟁에서 이길 수 없다는 것은 자명한 일입니다. 개념설계의 단계에서부터 첨단기술을 적용하는데 적극적이어야 합니다. 또한 연사계서도 말씀하신 바와 같이 기계화, 자동화의 부문에서는 모듈화, 사양의 표준화를 하는 것이 세계적인 추세입니다. 선진 각국들은 사양의 표준화를 주도함으로써 그들의 이니셔티브(Initiative)를 계속 유지하려 합니다.

우리도 이 작업에 참여하거나 또는 참여가 여의치 않다면 신속히 이들 표준을 도입하여 우리의 경쟁력을 살려가야 하겠습니다. 또 연사께서는 생물공학(Biotech) 분야에서 농업기계 연구자의 역할을 말씀하셨는데 저희 연구소의 경우를 예로 들어 말씀드리면, 우리나라의 마늘 생산량이 전세계 생산량의 약 10%를 차지하고 있으며 금액면에서 소비자 시장규모가 세계에서 가장 크다는 점에 착안하여 우리나라의 마늘 생산을 국제시장에서 기술과 질적인 면에서 차별화하고자 연구에 착수했던 연구 프로젝트였습니다. 다행히 연구에 성과가 있어서 실용화 준비단계에 들어가 있는데 역시 생산공정면에서 혁신적인 사고와 전 생산공장의 체계화가 현재 절실히 요구되고 있습니다.

마지막으로 저는 기업 부설연구소의 소장으로서 연구 그 자체의 성공을 위한 어려움보다도 연구결과의 실용화, 사업화의 어려움이 매우 쉽지 않다는 것을 절감하고 있습니다. 따라서 연구개발의 첫 단계에서부터 실용화를 충분히 염두에 두고 연구를 수행하여야 한다는 것을 말씀드리고 싶습니다.