

Natural Resources / Environment (Group Hapi)

Studies on the Effect of Lead and some Agents for Remediation of Lead Ions on the Performance of Carrot Plant (*Daucus carrota* L.)

Dr. Abdel-Fattah Hassan Selim

Assoc. Prof., Botany Dept. Faculty of Agriculture
Minufiya University, Shibin El-Kom, A. R. Egypt

Abstract

During the winter seasons of 1998-1999 and 1999-2000, pot trails were conducted at the Experimental Farm, Faculty of Agriculture, Shibin El-Kom, Egypt, with aim to study the performance of carrot plant cv. "Red Core Chantenay" grown in polluted soil with lead in forms of $PbCl_2$ and $Pb(NO_3)_2$ at rates: 0, 1000, 2000 and 4000 μg Pb/g soil, without or with adding some agents for removal lead ions: Bacteria (*Bacillus subtilis*, isolate No.13) and phosphorus. Vegetative growth characters of roots and shoot were significantly inhibited with increasing the Pb concentration in soil. The inhibitory effect of Pb was more severely in the length and size of roots, root and shoot dry weights and root/shoot ratio than others characters, this effect was more pronounced in the presence of $Pb(NO_3)_2$ than in $PbCl_2$ application. Also, both Pb salt types had a deleterious effect on leaf chloroplast pigments, both chlorophyll a and b were more negative affected by Pb ions than that of carotenoids. Leaf water relations were significantly differed in responses to lead. Total water content (TWC), leaf water deficit (LWD) and transpiration were increased, whereas relative water content (RWC) was decreased as a result of Pb application. Pollution of soils with Pb significantly reduced the root, top and total yield of carrots more in the presence of Pb chloride than in that the presence of Pb nitrate. Total soluble solids (TSS) and total soluble sugars were increased, whereas carotene, vit. A, and vit. C were decreased in the roots of carrot plants treated with lead. Pb concentration in both root and top was significantly enhanced more in the presence of Pb chloride than that in the presence of Pb nitrate.

Adding *Bacillus* bacteria as a bioagent and phosphorus as a chemoagent to the Pb polluted soils not only led to overcome the deleterious effect of intolerable Pb levels (2000 and 4000 μg Pb/ g soil) on most above mentioned characters, but also stimulated the growth, increased the yield, regulated the plant water relation, protected the photosynthetic pigments and sharply reduced the Pb concentration in both root and top. Application of P was the best in this respect.

Key words: Carrot plant, lead, bacillus bacteria, phosphorus, growth, photosynthetic pigments, water relations, yield quantity and quality, lead accumulation.

Introduction

Lead is one of the heavy metals and is considered one of the dangerous environmental pollutants. It is omitted from industries, motor vehicles, stationary fuel, road dust composition and traffic roads. Lead is not only a toxic element but also can be accumulated in plant organs and agricultural products (Burzynki, 1987; Mahmoud and El-Beltagy, 1998), consequently enter human food chain (Wagner, 1993). As a result of consumption of food, lead accumulates in human body and it may cause renal failure, brain and liver damage and it can attack the nervous system and cause failing of sickness (Lucky and Kenugopal, 1977; Ramade, 1987). Lead has a deleterious effect on crop plants. It was found that the high levels of lead inhibited the growth of higher plants such as wheat (Kletecka and Niklasova, 1986; Karataglis *et al.*, 1991), vegetable crops (Ali, 1982; Xian, 1989; Moftah, 2000). Also, lead tended to have an inhibitory effect on some physiological processes, i.e. photosynthesis (Rebenchini and Harzly, 1974; Poskuta *et al.*, 1987; Becerril *et al.*, 1988), protein synthesis (Stibrova *et al.*, 1986; Taiz and Zeiger, 1998) and amino acids (McCrea, 1984; Poskuta *et al.*, 1988), carbohydrate and sugar content (Kandil, 1995), activity of some enzymes (Stibrova *et al.*, 1986), chlorophylls (Prasa *et al.*, 1989; Tomasevic *et al.*, 1991) and some water relations (Burzynki, 1987; Ewais, 1997). In addition, some investigators found that lead in soil at higher rates decreased the yield of some crops whereas the lower one had an insignificant effect on it (Xian, 1989; Moftah, 2000). Nowadays, great efforts were made to remove or degrade and detoxify the heavy metal pollutants from water and soil using modern technology called bioremediation and phytoremediation. Many investigators used bacteria (Ibeanusi *et al.*, 1995; Cuero, 1996; Margeay *et al.*, 1997; Mahmoud and El-Beltagy, 1998) and fungi (Gadd, 1986) as bioremediants as well as algae (Oliguin, *et al.*, 1994; Kaplan *et al.*, 1998) and plants (Brown, 1995; Brook and Robinson, 1998) as phytoremediants. In this connection, Cuero (1996) studied the effect of the aminopolysaccharides chitosan and *Bacillus subtilis* each alone and in combination on metal accumulation in sandy loam soil contaminated with heavy metals. Mahmoud and El-Beltagy (1998) isolated and identified some lead tolerant bacteria strains from naturally lead polluted soils and tested them for lead reduction in rocket salad plant grown on polluted soils. They found that the reduction percentage of lead uptake by rocket salad plant using strains No.1 (*Streptomyces ambifaciens*), No.2 (*Streptomyces setonii*), No.13 (*Bacillus subtilis*), No. 15 (*Bacillus cereus*) and mixed were 72.6, 71.2, 96.4, 89.2 and 50.4, respectively. However, study the effect of such bioremediants on the growth, physiology and biochemistry as well as yield of plants were rare or not published. Also, application another agents as lead remediant such as nutrients or chemicals may be still under research. Moftah (2000), tested the responses of lead-polluted tomato and eggplant to the antioxidant ethylendiurea (EDU) and found that EDU treatment seemed to be useful in the counteracting the harmful effects exerted by Pb contamination on tomato and eggplant by regulating certain enzymes.

Therefore, the aim of this investigation was to study the effect of lead pollutant in forms $PbCl_2$ and $Pb(NO_3)_2$ at different rates, with or without application bacteria (*Bacillus subtilis*, isolate No. 13) and phosphorus in form calcium superphosphate, on growth, photosynthetic pigments, water relations and yield quantity and quality of carrot as well as lead accumulation in both root and top of carrot plant.

Material and Methods

Pot experiments were conducted at the Experimental Farm, Faculty Agriculture, Shibin El-Kom, Egypt. Sowing was carried out in plastic pots with 30 cm inner diameter, in October 5, 1998 and 1999 using carrot seeds cv. "Red Core Chantenay" obtained from the Horticulture Dept., Faculty of Agriculture, Minufiya University. Pots were filled with 8 kg clay loam soil taken from the Experimental Farm of Agric. Faculty of Agriculture (ECe=2.8 mmhos/cm; pH=7.9; Soluble salts=0.16%; Pb=68.6 ppm). Pots were divided into two sets: first was mixed with lead chloride and the second with lead nitrate at lead concentrations 0, 1000, 2000 and 4000 µg Pb/ g soil. Each set was divided into three groups: the first without any adding agents, the second inoculated with *Bacillus subtilis*, strain No. 13 grown in NPM and the third with adding phosphorus. *Bacillus subtilis* strain No. 13 as a Pb tolerant isolate was obtained from the Agricultural Microbiology Branch, Agric. Botany Dept., Faculty of Agriculture, Shibin El-Kom, Egypt. In P treatments, phosphorus was added as calcium superphosphate (15.5% P₂O₅) at rate 4 g/pot. Pots were irrigated with tap water whenever to keep the moisture in soil at about 65% of the total water holding capacity of the soil during the experimental period.

One week before the harvest time, a random sample of 10 plants was carefully taken from each treatment and the following measurements were done:

- Vegetative growth characters: Root length (cm), root and core diameter (cm), root size (cm³), root, shoot and whole plant dry weights (g/plant), then the root/shoot ratio was calculated.
- Photosynthetic pigments were extracted from fresh leaves using acetone 80% and estimated according to Wettstein (1957), then calculated as mg/g dry weight.
- Leaf water relations: Total water content (TWC, %), relative water content (RWC, %), leaf water deficit (LWD, %) and transpiration rate (mg/ g fwt. h) according to Kalapos (1994) and Kreeb (1990).

At the harvest time, plants in each treatments were carefully taken and cleaned then the root, top and total yield/pot were estimated then calculated as kg/m². The harvest index (%) was measured using the formula (HI= (root yield/total yield)*100). Another random sample was taken and the total soluble solids (%) using an Abe hand refractometer, vit. A (IU/100 g fwt.), vit. C (mg/100 g fwt.) and carotene (mg/ 100 g fwt.) in fresh root were estimated using the methods of A.O.A.C. (1970). Hundred grams from the roots and tops from each treatment were dried at 70°C, 0.2 gm from each dried ground organs was acid digested for estimation the total lead concentration (µg/ g dwt.) using Atomic Absorption Spectrophotometer at Faculty of Science, Minufiya University according to Allen (1974). Another 0.2 gm from dried ground root was used to determine the soluble sugars concentration (mg/g dwt.) according to Dubois *et al.*, (1956).

A randomized complete block design with ten replicates was used. Data were statistically analyzed and the L.S.D. test at 5% level of probability was used to compare the means of the treatments (Waller and Duncan, 1969) with help the COSTAT C Statistical package (American Computer Program).

Results and Discussion

Vegetative growth

Root length: Data presented in Table (1) illustrate that lead at all levels significantly inhibited the root length and it was more severely at the high Pb level. Under the intolerable level (4000 $\mu\text{g Pb/g soil}$) the reduction in it of plants grown in soil polluted with PbCl_2 and $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ reached about 13.1 and 25.5% (1st season) and 22.4 and 34.4% (2nd season) compared with the non treated plant, respectively, indicating that $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ had more harmful effect on root length. These results are in accordance with those obtained by Stiborova *et al.*, (1986) and Obraucheva *et al.*, (1998).

In the unpolluted soil, adding bacillus bacteria caused a slight increase in it, whereas adding P significantly increased it. In the polluted lead soils at all Pb levels, application of both bacteria and P had a high significant effect in this respect. The increase in it resulted from adding bacillus bacteria to the polluted soil with PbCl_2 and $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ at 4000 $\mu\text{gPb/g soil}$ was about 15.8 and 19.3% (1st season), 30.7 and 33.3% (2nd season), whereas with adding P to both polluted soils, the increase was about 28.6 and 17.8% (1st season), 42.3 and 35.2% (2nd season), respectively. This indicates that application P to the polluted soil with PbCl_2 and $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ was more useful for stimulating the growth of root.

Root diameter: The same trend of root length was observed in root diameter, but the percentages of reductions in root diameter of plants grown in soil polluted with 4000 $\mu\text{gPb/g soil}$ were lower (-12.8 and -19.4% for PbCl_2 ; -16.3 and -26.8% for $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$). Also, inoculation the lead polluted soil with bacteria or adding P had a positive effect in this respect. Again, P was more effective in this respect.

Root size: It can be seen from the same Table that the root size was sharply decreased with increasing the Pb level in soils polluted with PbCl_2 and $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ recording the smallest size at the level of 4000 $\mu\text{gPb/g soil}$ with reduction reached about -33.9 and -47.8% (1st season), -50 and -64.8% (2nd season) less than the untreated plants. Similar results were achieved by Stiborova *et al.* (1986) and Obraucheva *et al.* (1998).

Treating the lead chloride and nitrate polluted soils with bacillus led to a great increase in root size reached to about 54.6 and 76.9% (1st season), 71.1 and 96.4% (2nd season), whereas its treating with P increased it more and reached about 79.3 and 75.6% (1st season), 123.7 and 150.1% (2nd season) over the plants treated with 4000 $\mu\text{g Pb/g soil}$ of two salt types.

Core diameter: A slight change in core diameter as a result of Pb treating was observed in the 1st season but a marked decrease was recorded in the 2nd one. Using bacillus bacteria in the lead polluted soils tended to be more effective in increasing the core diameter than using phosphorus (Table 1).

Plant height: A significant decrease in plant height was observed in the plants soils treated with 2000 (-20.9, -14.2, 1st season, and -23.01, -15.4%, 2nd season, for Pb chloride and nitrate respectively) and 4000 (-31.7, -35.3%, 1st season and -30.2, -28.2%, 2nd season) $\mu\text{g Pb/g soil}$ of both salt types, whereas the low level (1000 $\mu\text{gPb/g soil}$) tended to increase it. The obtained results are in agreement with those reported by Gadallah (1995) who found that the heavy-metal toxicity appears in the reduction of plant height and dry mass accumulation.

The results obtained in Table (1) indicate that application of bacillus bacteria to the lead polluted soils by PbCl_2 and $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ did not show a clear trend in this respect, whereas application of P overcame the deleterious effect of Pb and increased the plant height by about 22.5 and 21.8% in the 1st season, 28.5 and 21.7% in the 2nd season, respectively.

Dry weights of root, shoot and whole plant: Data presented in the same Table show that the dry weights of root and shoot as well as whole plant were significantly decreased with increasing the Pb level in soil. At the highest level of Pb (4000 $\mu\text{g Pb/g}$ soil), the reduction in the dry weights of root, shoot and whole plant grown in polluted soils with PbCl_2 reached about -59.3, -43.5 and -54.2%, respectively, (1st season); -32.9, -7.8 and -23.7% (2nd season), but in the polluted soils with $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ were about -68.9, -41.6 and -60.2% (1st season); -35.1, -5.9 and 24.5% (2nd season). These results indicate that Pb in form $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ was more harmful than in form PbCl_2 . Similar results were obtained by Carlson et al. (1975) on maize plant, Ali (1982) on pepper and jews mellow plant; Gadallah (1995) on and Begonia *et al.*, (1998) on *Brassica juncea* plant.

Inoculating the lead chloride polluted soils with bacillus bacteria as well as adding P was not only more useful in overcame the inhibitory effect of Pb on root dry matter but also a great increase in it (97.8 and 129.3% for bacteria; 57.6 and 154.4% for P) was recorded. Shoot dry matter as well as whole plant tended to be more affected by bacillus bacteria (35.2 and 101.1% for shoot; 73.1 and 116.9% for whole plant) than that by P (16.5 and 26.6% for shoot; 41.3 and 98.1% for whole plant). Regarding the polluted soils with lead nitrate, it was found that adding both of bacillus and P showed a positive effect on root dry matter but shoot and whole dry matters tended to be more affected by P than bacillus.

Root/Shoot ratio: Data in the same Table show that a significant reduction in R/S ratio in all Pb treatments was observed. In this connection, Mishra and Choudhuri (1998) found that Pb decreased shoot/root ratio of two cultivars rice differing in their tolerance to heavy metal stress. Using both bacteria and P in the untreated and polluted soils led to a great increase in it. Bacillus was more effective in the lead nitrate polluted soil whereas P was more useful in case of the lead chloride polluted soils.

The deleterious effect of lead at the intolerable levels (2000 and 4000 $\mu\text{g Pb/g}$ soil) on growth of carrot plant may be due to lead retarded cell division and differentiation thus inhibited their elongation and that lead to a reduction in plant growth (Kastori et al., 1998). Moreover, the inhibition in root growth may be ascribed to the toxic effect of lead on the meristematic region of root, thus retarded their growth and distribution (Stiborova *et al.*, 1986) or/and that may be due to its inhibition effect on both cell division and elongation through the reduction of meristem size and decreasing the number of mature cells (Obroucheva *et al.*, 1998).

The stimulating effect on growth parameters of carrot plant as a result of adding bacillus bacteria to the lead polluted soil may be attributed to action of bacteria for bio-remediation of lead from contaminated soil thus inhibited its toxic effect (Ibeanusi et al., 1995), or may be due to their beneficial effect on improving nutritional status, producing growth regulators i.e. IAA, GA and cytokinins (Lazarovites, 1995; Arshad and Frankenberger, 1991) or to their ability to produce anti-bacterial and anti-fungal compounds that reduce diseases (Pandy and Kumar, 1989). As for the favourable effect of P on the growth may be due to its effect as a growth limiting factor or due to enhancing the absorption of other nutrients (Marschner, 1995), beside its inhibitory effect on lead by precipitation of lead ions.

Photosynthetic pigments

Data presented in Table (2) reveal that a sharply decrease and degradation in both chlorophyll a and b as well as total chlorophyll and carotenoids. In the lead chloride polluted soil, the percentage reduction in the above-mentioned pigments were about -90.9, -89.1, -90.2 and -44.5%, respectively, in the 1st season, and about -95.9, -90.7, -94 and -36.4 % in the 2nd one. Meanwhile in the lead NO₃ polluted soil, they were about -88.8, -53.9, -75.3 and -80.7% (1st season); -80.5, -90.7, -84.3 and -63.1% (2nd season), respectively. This indicates that Pb in any form had a severely harmful effect on all photosynthetic pigments. Similar results were reported by Burzynski (1985); Stbirova *et al.*, (1986); Sengar and Pandey (1996) and Fodor *et al.* (1998). The deleterious effect of lead on chloroplast pigments may be due to that Pb inhibits the biosynthesis of aminolevulinic acid (ALA) a precursor of chlorophyll (Thomas and Singh, 1996), and/or stimulates the activity of chlorophyllase and chlorophyll degradation (Abdel Basset *et al.*, 1995), and/or it can alter chlorophyll biosynthesis by inhibiting protochlorophyllide reductase through interfering the sulfhydryl site on the enzyme (Lagriffoul *et al.*, 1998), and/or it decreases the carotenoids that prevent chlorophyll photodestruction, or/and it inhibits Fe uptake and transport to plant leaves (Fodor *et al.*, 1998).

Treating the lead polluted soils with bacillus and P not only led to counteracting the inhibitory effect exerted by Pb but also increased their concentrations from seven to ten times for chl. a, one to five times for chl. b, one to seven times for total chlorophyll, and less or more than unit for carotenoids. P was more effective than bacillus in this respect.

The role of bacteria in enhancing the photosynthetic pigments may be attributed to its indirect effect by reducing the concentration of lead ions in root medium to extent to become non toxic. The promoting effect of P on photosynthetic pigments under the normal conditions as well as the lead polluted soils may be due to its effect on reducing the concentration of lead ions as shown our results in the same work and/or due to its providing the plants with ATP and NADPH and other compounds that play a vital role in biosynthesis of chlorophylls and other pigments (Marschner, 1995).

Leaf water relations

Data recorded in Table (3) indicate that the leaf total water content (TWC) tended to be decreased in the plants grown in the lead chloride polluted soils (-3.44% and -1.635% at the rate of 4000 µg Pb/g soil), whereas it tended to be increased in the lead nitrate polluted soil (+8.11 and +7.4% at the same Pb rate). In the unpolluted soils, application bacillus bacteria seemed to have not a clear effect on TWC (increased in the 1st season but decreased in the 2nd one), whereas adding P led to decrease it. In the lead-polluted soils, bacillus treatments caused a decrease in TWC ranged from 2 to 7%, whereas P treatments increased it.

Concerning the relative water content (RWC) and leaf water deficit (LWD) in relation to Pb treatments, agents treatments as well as their interactions, it was found that RWC sharply decreased in the Pb polluted soils with PbCl₂ (-14.52 and -11%) and P(NO₃)₂ (-15.5 and -12.62%) at rate 4000 µg Pb/g soil, whereas LWD was dramatically increased by 66.9 and 49.4% (chloride) and 71.4 and 56.8% (nitrate) at the same Pb rate. Treating the polluted soils with bacillus bacteria relatively improved RWC and increased it by about 7.2 and 6.6 (chloride); 11.1 and 12.3% (nitrate), whereas treating with P increased it more (15.4 and 16%, chloride; 22.6 and 19.9%, nitrate). LWD was decreased by about -16.9 and -17.7% (chloride); -25.3 and -31% (nitrate) in the polluted soils treated with bacillus, meanwhile the decrease in it was higher as a result of treating with P and reached about -36.3 and -42.9% (chloride); -51.3 and -49.8% (ni-

trate). Regarding the rate of leaf transpiration (TR), data in the same Table show that TR was significantly increased under lead contamination conditions reached about 55 and 25.9% (chloride); 30.2 and 58.2% (nitrate) at rate of 4000 $\mu\text{g Pb/g soil}$. Both bacillus bacteria and P regulated the loss of water from leaves and decreased its rate. P treatment was more effective than bacillus in this respect. The obtained results agreed with those obtained by Burzysnki (1987) who found that the placement of two week old bean, wheat and cucumber plants in lead chloride solution caused a significant decrease in transpiration and water uptake.

Yield attributes

Root, top and total yield: The results obtained in Table (4), show that the root and top as well as total yield of carrot were negatively affected by Pb treatments and were severely in the polluted soils with Pb chloride and nitrate at rates of 2000 and 4000 $\mu\text{g Pb/g soil}$. The highest reduction was recorded in root yield (-56.3 and -57.14, (Pb chloride); -45.8 and -58.1% (Pb nitrate)) followed by total yield (-51.8 and -49.8%, (Pb chloride), -34.8 and -45.8% (Pb-nitrate). A higher reduction in top yield was observed in the plants grown in contaminated soils with PbCl_2 (-41.5 and -33.8%) whereas a lower reduction in it (-10.1 and -19.2%) was recorded in soils with $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ indicating that lead chloride was more harmful than nitrate. Similar results were reported by McCrea (1984) and Xian (1989) on kidney beans and Mofteh (2000) on tomato and eggplant.

Adding bacillus bacteria to the lead polluted soils led to counteract the deleterious effect lead and increased the root, top and total yields by about 30.1, 35.9 and 32.3% (1st season); 72.3, 20 and 42.9% (2nd season), respectively, in the soils polluted with PbCl_2 , meanwhile by about 13.5, 12.7 and 13.1% (1st season); 94.9, 3.3 and 51.9% (2nd season) in the soils polluted with $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$. Using P as a remediator for lead did not only remove the harmful effect of lead but also gave higher increases in root yield (106.4 and 65.3%), top yield (88 and 25%) and total yield (99.6 and 48.6%) in case of PbCl_2 . The same trend was observed in the soil polluted soils but the percentage increases in yield were lower.

Harvest index: Data in the same Table indicate that the Harvest index (HI) was significantly decreased at all Pb levels and recorded the lowest values at the rates of 2000 and 4000 $\mu\text{g Pb/g soil}$. These reductions ranged from about 9 to 25%. Adding bacillus bacteria to the polluted soils had no significant effect on it in the 1st season but a clear increase (21.1 and 28.3%) was observed in the 2nd one. A slight increase in HI (3.4 and 4.6%) in the 1st season but a relatively increase (11.2 and 13.1%) in the 2nd one was recorded with the P treatments.

The inhibitory effect of lead on the above mentioned yield attributes of carrot may be due to its toxic effect on growth as shown our results in the same work and its inhibitory effect on the uptake and translocation of some major and micro elements within plant roots (Larcher, 1980); activity of some enzymes as well as biosynthesis of photosynthetic pigments which reflect an carrot yield. Adding bacteria or P led to a marked increase in yield components and that may be not only due to its role in removing the toxic effect of lead but also its role that play in promotion of strong root and shoot (Mohandas, 1987), the high bacterial production of phytohormones (Lazarovites, 1995), improving nutrition (Lazarovites, 1995) as well as increasing the root weight (Selim, 1999).

Chemical properties of roots

Total soluble solids (TSS): Data given in Table (5) reveal that TSS was positively affected by Pb application more in the presence of lead nitrate (28.9 and 26.8%) than in lead chloride (3.8 and 5%). TSS tended to be decreased in the polluted soils and treated with bacillus bacteria but increased in the roots of plants grown in non polluted soils. P significantly increased it in the non-polluted and polluted soils with PbCl_2 , however a higher decrease (-24.1 and -21.2%) was observed by $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$.

Carotene: A significant decrease in carotene content was found in the roots of plants grown in contaminated soils with lead chloride and nitrate at rates of 2000 and 4000 $\mu\text{g Pb/g soil}$ but a slight increase in it was found at rate 1000 $\mu\text{g Pb/g soil}$ (Table 5). Treating the polluted soils with bacillus bacteria gave a great increase in root carotene content arrived to 56.5 and 110.14% in the presence of PbCl_2 , and to 101.2 and 48.1% in the presence of $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$. P treatments gave higher increases in the presence of PbCl_2 (85 and 122%) but lower increases in the presence of $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ (48.8 and 11%). Similar results were observed by Moftah (2000) on tomato and eggplant.

Vitamin A: It was found that Vit. A was significantly decreased with increasing the Pb concentrations in the lead polluted soils, reached the lowest content at the highest rate of Pb (4000 $\mu\text{g Pb/g soil}$), (Table 5). The deleterious effect of lead was more pronounced in the presence of PbCl_2 (-25.3 and -38%) than in the presence of $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ (-17.6 and -21.3%). Adding bacillus bacteria to the non polluted soils caused a significant increase in it whereas in the polluted soils did not show a clear trend. Using P in both the non-polluted as well as lead chloride polluted soils resulted in increasing Vit. A, meanwhile a slight increase in the presence of lead nitrate.

Vitamin C: Data given in the same Table demonstrate that Vit. C in root was negatively affected by Pb at all concentration and was more severely at the rate of 4000 $\mu\text{g Pb/g soil}$ in both salt types. The reduction in it reached about -27.4 and -30.1% in the presence of lead chloride and -49.1 and -25.6% in the presence of lead nitrate if compared with the control. Inoculation the non-polluted as well as the polluted soils by lead nitrate with bacillus bacteria led to a significant increase but not in presence of lead chloride. Adding P to the non and the polluted soils with lead (two types) overcome the deleterious effect and increased it by about +15 and +36.1 (Chloride) and +27.3 and +2.3% (Nitrate).

Soluble sugars: Data illustrated in Fig (1) showed that the total soluble, reducing and non-reducing sugars were markedly decreased under all levels of lead application. Under the lead stress conditions, application of both bacillus and P led to marked increases in the concentrations of total soluble and non-reducing sugars but the reducing sugars were decreased. In this respect, Kandil (1995) revealed that lead decreased total, soluble and non-soluble carbohydrates of wheat grains. Also, Ali (1982) found that 100-1000 ppm of lead as foliar application or soil treatment decreased the non-reducing sugars in some vegetable crops. The reduction in carbohydrate concentration as a result of lead treatment may be attributed to Pb causes a decrease in the photosynthetic pigments (Sengar and Pandey, 1996) and ribulose diphosphate carboxylase (the key enzyme for carbohydrates synthesis) which in turn in decreasing in all sugar fractions (Stibrova *et al.*, 1986).

As shown from the above mentioned results, adding bacillus bacteria or phosphorus as calcium superphosphate to the polluted and non polluted soils with lead significantly improved the chemical properties of carrot roots and that may be due to its promotion effect on growth and yield as well as vital roles in physiological and biochemical processes in plant. In this connection, Antipchuk *et al.* (1982) and Ali and Selim (1996) observed that inoculation of tomato plants with *Azotobacter* resulted in a rise in fruit sugars and vitamin C contents. Bagal *et al.* (1989) found that protein, sugars,

ascorbic acid and mineral contents were significantly increased by increasing the rates of N, P and K application. Marschner (1995) stated that P is a component of RNA and DNA, therefore, it might be expected that P supply would have important effect on biosynthesis of many compounds e.g. sugars, proteins and hormones. Moreover, Bender *et al.* (1986) revealed that photosynthetic CO₂ fixation and assimilates translocation were considerably increased in plant with the optimum P supply in comparison with the low P level.

Lead concentration

Data illustrated in Fig. (2&3) that Pb accumulated more in shoot than in root and reached about five times. In both shoot and root Pb concentration was dramatically increased with increasing the Pb rates in soils. At the highest level of Pb, the increase percentage in Pb accumulation in shoot reached about 900 and 985.4% in the presence of PbCl₂, about 433.3 and 448.9% in the presence of Pb(NO₃)₂, whereas in root reached about 85.7 and 115.5% in the presence of PbCl₂, while about 57.2 and 84.6% in the presence of Pb(NO₃)₂, if compared with its concentration in the control plants. This indicates that carrot plants prefer to Pb uptake in salt form PbCl₂ more than in form Pb(NO₃)₂. These results may be explained why the deleterious effect of lead chloride on most characters measured in shoots was more extremely. The obtained results are in agreement with some those obtained by Gaweda (1995 and 1997), Hooda *et al.* (1997) and Moftah (2000).

In the polluted lead soils with PbCl₂ at rates of 1000, 2000 and 4000 µg Pb/g soil, adding bacillus bacteria as bioremediant for lead ions led to a reduction in its concentration by about 50.1, 43.4 and 51.6% in shoot, and by about 44.6, 51.3 and 53.2% in root, respectively, whereas in the presence Pb(NO₃)₂ were about 32.3, 32.2 and 65.1% in shoot, 44.1, 42.4 and 49.8% in root, (Fig. 4). Regarding the effect of using P as a chemical agents for lead remediation, it was found that adding P to the contaminated soils with PbCl₂ at the same above mentioned rates reduced Pb concentration by about 62, 36.6 and 59.3% in shoot, about 48, 60.4 and 72.1% in root, whereas in the presence of Pb(NO₃)₂ the reductions were about 38.4, 53.8 and 55.8% in shoot, about 58.7, 47.9 and 54.2% in root (Fig. 4). These results pointed out that using the P was more useful for lead remediation and consequently overcome the toxicity effect of lead on carrot plant. The obtained results of bacillus-lead interaction are in accordance with those reported by Mahmoud and El-Beltagy (1998), who found that using bacillus bacteria strain No. 15 in the naturally lead-polluted soils reduced the lead uptake by 96.4% in the rocket salad plant, whereas the reduction was 73.49% in the soil polluted with 400 ppm lead. The reduction in lead accumulation as a result of using bacteria as bioremediants may be attributed to precipitation of metal ions, adsorption at bacterial sites and reduction by change of oxidation states (Ibeanusi *et al.*, 1995)

As for the P-lead interaction, Gaweda (1997) indicated that using phosphorurs (800 mg P/kg DW), calcium (1500 mg Ca/kg DW) and magnesium (240 mg/kg DW) as fertilizer or liming to increase soil pH from 5.1 to 6.2 considerably limited the accumulation of Pb in carrot roots.

Figures 1 - 4⁴

References:

- Abdel-Basset, R.; A.A. Issa and M.S. Adam (1995):** Chlorophyllase activity: Effects of heavy metals and calcium. *Photosynthetica* 31: 421-425.
- Ali, E.A. (1982):** Physiological studies on the contamination and toxicity of some plants by certain heavy metals. Ph.D. Thesis, Faculty of Agric. Cairo University.
- Ali, F.A. and A-F. H. Selim (1996):** Response of tomato (*Lycopersicon esculentum* L. Castle Rock) to inoculation with *Azotobacter* and different levels of phosphorus and potassium fertilization. *Menofiya J. Agric. Res.*, 21(4): 795-817.
- Allen, S.E. (1974):** Chemical analysis of ecological materials. Bluckuel Scientific Publications. Goney Mead., Oxford, 563 pp.
- Antipchuk, A.F.; E.V. Tantsyurenko and R.M. Mantselyruk (1982):** Effect of bacteria on tomato yield and quality. In *Tekhnologiya Pr-Vai Effektnost Primeneiya Bakteri-Lnnkh Udobrenii*, Moscow, USSR: 98-103.
- A.O.A.C. (1970):** Association of Official Agricultural Chemists. Methods of Analysis. 11th Ed. The Association, Washington, D.C.
- Arshad, M. and W.T.Jr. Frankenberger (1991):** Microbial production of plant hormones. In: *Rhizosphere and Plant Growth* (D.L. Keister and P.B. Cregan, Eds), Kluwer, Dortrecht, pp 327-334.
- Bagal, S.D.; G.A. Shaikh and R.N. Adsule (1989):** Influence of different N, P and K fertilizers on the protein, ascorbic acid, sugars and mineral contents of tomato. *J. Maharashtra Agric. Univ.*, 1989, 14(2): 153-155 (C.F. Hort. Abstr., 1992, Vol. 62).
- Becerril, J.M.; A. Munoz-Rueda; P. Aparicio-Tejo and C. Gonzalez-Murua (1988):** The effects of cadmium and lead on photosynthetic electron transport in clover and lucerne. *Plant Physiol. Biochem.*, 26: 357-363.
- Begonia, G.B.; C.D. Davis; M.F.T. Begonia and C.N. Gray (1998):** Growth responses of indian mustard (*Brassica juncea*, L.) and its phytoextraction of lead from a contaminated soil. *Bulletin Environ. Contam. and Toxic*, 61(1): 38-43.
- Bender, L.; B. Steibeling and K.H. Neumann (1986):** Investigations on photosynthetic and assimilates translocation in *Daucus carota* L as influenced by a varied phosphorus supply and changes in the endogenous hormonal system following GA₃ treatments. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, 149 (5): 533-540.
- Brooks, R.R. and B.H. Robinson (1998):** Aquatic phytoremediation by accumulator plants. Plants that hyper accumulate-heavy metals: their role in phytoremediation, microbiology, archaeology, meniral exploration and phytomining, 203-226, CAB International, Walling Ford; UK.
- Brown (1995):** The green clean. *Bio.*, 45: 579-582.
- Burzynki, M. (1987):** The uptake and transpiration of water and the accumulation of lead by plant growing on lead chloride solutions. *Acta Soc. Bot.*, 56: 271-280.
- Cuero, R.G. (1996):** Enhanced heavy metal immobilization by a bacterial-chitosan complex in soil. *Biotechnology Letters*, 18(5): 511-514.
- Dubois, M.; K.A. Gilles; J.K. Hamilton; P.A. Robers and F. Smith (1956):** Colorimetric methods for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.*, 20: 350-356.
- Ewais, E.A. (1997):** Effects of cadmium, nickel and lead on growth, chlorophyll content and proteins of weeds. *Biol. Plant.*, 39: 403-410.
- Fodor, F.; E. Cseh; A. Varga and G. Zaray (1998):** Lead uptake, distribution and remobilization in cucumber. *J. Plant Nutr.*, 21: 1363-1373.
- Gadallah, M.A.A. (1995):** Effects of cadmium and kinetin on chlorophyll content, sacchrides and dry matter accumulation in sunflower plants. *Biol. Plant.*, 37: 233-240.
- Gadd, G.M. (1986):** The uptake of heavy metals by fungi and yeasts: The chemistry and physiology of the process and applications for biotechnology. In: *Immobilization of ions by biosorption*. Eccles H. and S. Hut (eds.). Ellis Horwood, Chchester, U.K., 135-147.
- Gaweda, M. (1995):** The effect of organic matter in soil on the lead level in edible parts of lettuce and carrot. *Acta Hort.*, 379: 221-228.

⁴ Figures 1-4 and the tables 1 to 5 are only available in the print copy (Beiheft zu Der Tropenlandwirt Nr. 71).

- Gaweda, M. (1997):** The control of lead accumulation in carrot (*Daucus carota* L.) plants by some components of the substrate. J. Appl. Genet., 38A: 206-213.
- Hooda, P.S.; D. McNulty; B.J. Alloway and M.N. Aitken (1997):** Plant availability of heavy metals in soils previously amended with heavy applications of sewage sludge. J. Sci. Food and Agric., 73(4): 446-454.
- Ibeanusi, V.M.; E.A. Archibold and B.S. Schepart (1995):** Mechanisms of heavy metal uptake in a mixed microbial ecosystem. C.F. Bioremediation of pollutants in soil and water.
- Kalapos, T. (1995):** Leaf water potential, leaf water deficit relationship for ten species of a semi arid grassland community. Plant and Soil, 160: 105-112.
- Kandil, O.S. (1995):** Effect of some sources of pollution on wheat plants. M.Sc. Thesis, Faculty of Agric., menufiya Univ.
- Karataglis, S.; M. Moustakus and L. Symeonidis (1991):** Effect of heavy metals on isoperoxidase of wheat. Biol. Plant., 33: 3-9.
- Kaplan, D.; N.T. Prakash and A. Abeliovich (1998):** Glutathion-induced recovery in Chlorella cells from metal toxicity. Fresenius-Environ. Bulletin, 7: 153-159.
- Kastori, R.; M. Plesnicar; Z. Sakac; D. Pankovic and I. Arsenijevic (1998):** Effects of excess lead on sunflower growth and photosynthesis. J. Plant Nutr., 21: 75-85.
- Kletecka, J. and Z. Niklasova (1986):** Evaluation of the effect of lead in soil of some cereals, grasses and legumes. Rostinna-Vyroba, 32: 229-237.
- Kreeb, K.H. (1990):** Methoden zur Pflanzenökologie und Bioindikationen. Gustav Fisher, Jena, 327 pp.
- Lagriffoul, A.; B. Mocquot; M. Mensh and J. Vangronsveld (1998):** Cadmium toxicity effects on growth, mineral and chlorophyll contents and activities of stressed enzymes in young maize plants (*Zea mays*, L.). (cited after Moftah, 2000).
- Larcher, W. (1980):** The utilization and cycling of mineral elements. In Physiological Plant Ecology, pp. 158-205. Springer Verlag, New York.
- Lazarovites, G. (1995):** Application of growth promoting rhizobacteria to transplant plug and seed. Agriculture & Agrifood Canada, Pest Management Research Center, London, Ontario, Canada, N5M 4T3 (C.F. Hort. Sci., 3(3), 1995).
- Lucky, T.D. and B. Venugopal (1977):** Metal toxicity in mammals. Plenum Press New York and London.
- Mahmoud, W.H and A. El-Beltagy (1998):** Isolation, identification and potential use of lead reduction from heavy metal polluted soils. Menufiya J. Agric. Res., 23(6): 1461-1473.
- Margeay, M.; J.R. Wild; S.D. Varfolomeyev and A. Scozzafava (1997):** Microbial resources for bioremediation of sites polluted by heavy metals. Perspectives in bioremediation; technologies for environmental improvement. Proceedings of a Workshop, Lviv, Ukraine, 65-73. Kluwer Academic Publishers; Dordrecht; Netherlands.
- Marschner, H. (1995):** Mineral nutrition of higher plants, 2nd edition. Academic press, New York, Tokio, London, pp. 889.
- McCrea, P.R. (1984):** An assessment of the effects of road dust on agricultural production system. Research Report in Agricultural Economics, Newzealand, 156: 10-18.
- Mishra, A. and M.A. Choudhuri (1998):** Amelioration of lead and mercury effects on germination of rice seedling growth by antioxidants. Biol. Plant., 41:469-473.
- Mohandas, S. (1987):** Field response of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill, "Pusa Ruby") to inoculation with a VA mycorrhiza fungus *Glomus fasciculatum* and *Azotobacter vinelandii*. Plant and Soil., 98: 295-297.
- Moftah, A.E. (2000):** Physiological responses of lead-polluted tomato and eggplant to the antioxidant ethylendiurea. Menufiya Agric. Res., 25(4): 933-955.
- Obraucheva, N.V.; E.I. Bystrova; V.B. Ivanov; O.V. Antipova and I.V. Seregin (1998):** Root growth response to lead in young maize seedlings. Plant and Soil, 200: 55-61.
- Oliguin, E.J.; L. Gonzalez; F. Sanchez and J.J. Pena-Cabriaes (1994):** Bioremediation potential ion. Mexico. 15th World Congress of Soil Science, Acapulco, Mexico, 10-16, 1994.
- Pandy, A. and S. Kumar (1989):** Potential of Azotobacters and Azospirilla as biofertilizer for upland agriculture. A review. J. Scientific and Industrial Research, 48(3): 134-144.
- Poskuta, J.W.; E. Parys and E. Romanoska (1987):** The effect of lead on the gaseous exchange and photosynthetic carbon metabolism of pea seedlings. Acta. Soc. Bot. Poll., 56: 127-137.
- Poskuta, J.W.; E.Parys; E. Romanoska; M. Gagdis and B. Worblewska (1988):** The effect of lead on photosynthesis C¹⁴ distribution among photoassimilates and transpiration of maize seedling. In: Quantitative organic microanalysis, ed. J. and A. Churchill, London.
- Prasad, D.D.K.; G. Sathi and A.R.K. Prasad (1989):** Regulation of prothrin biosynthesis by lead and mercury in mug bean (*P. vulgaris*) seedlings. Biochem. Inst., 19: 1403-1417.
- Ramade, F. (1987):** Ecotoxicity. John Wiley and Sons, Chichester, 119-135.

- Rebenchini, H.M. and I. Harzly (1974):** Lead induced ultrastructural changes in the chloroplast of hydrophyte *Ceratophyllum demersum*. Z. Pflanzen Physiol., 73: 377-386.
- Selim, A-F. H. (1999):** Root characters, leaf area index and duration, yield and water use efficiency of sugar beet plants under several nutrient regimes. The International Conference on "Water Resources Management, Use and Policy in Dry Areas", 1-3 December 1999, Amman, Jordan.
- Sengar, R.S. and M. Pandey (1996):** Inhibition of chlorophyll biosynthesis by lead in greening *Pisum sativum* leaf segments. Biol. Plant., 38(3): 459-462.
- Stibrova, M. ; M. Doubravova; A. Brezlnova and A. Fridrich (1986):** Effect of heavy metal ions on growth and biochemical characteristics of photosynthesis of barley. Photosynthetica, 20: 416-425.
- Taiz, L. and E. Zeiger (1998):** Heavy metal stress and homeostasis. In: Plant Physiology. Sinauer Assoc., Mas., USA, p 116.
- Tomas, R.M. and V.P. Singh (1996):** Reduction of cadmium-induced inhibition of chlorophyll and carotenoids accumulation in *Cucumis sativus* L. by uniconazole (S.3307). Photosynthetica, 32: 145-148.
- Tomasevic, M.; M. Bogdanovic and D. Stoiunovic (1991):** Influence of lead on some physiological characteristics of bean and barley. Periodicum Biologorum, 93: 337-338.
- Wagner, G.J. (1993):** Accumulation of heavy metals in crop plants and its consequences to human health. Adv. Agron., 51: 173-177.
- Waller, P.A. and D.B. Duncan (1969):** A bays rule for symmetric multiple comparison problem. Amer. Sta. Assoc. J., pp. 1485-1503.
- Wettstein, D.V. (1957):** Chlorophyll-Letal und submikroskopische Formelwechsel der Plastiden. Exptl. Cell Res., 12: 427-433.
- Xian, X. (1989):** Responses of kidney bean to concentration and chemical form of cadmium, zinc and lead in polluted soil. Environ. Poll., 57:127-137.

Zur Weiterentwicklung des ägyptischen Bewässerungssystems – Anmerkungen eines externen Beobachters

Development of Egypt's Irrigation System – Remarks of an External Observer

Prof. Dr. Peter Wolff

Einführung

Die sich weltweit vollziehenden politischen, gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Veränderungen und Umbrüche gehen an der Bewässerungswirtschaft nicht spurlos vorüber (Wolff u. Hübener, 1999). Die mit dem Bevölkerungswachstum und der Industrialisierung eingetretene zunehmende Verknappung des Pro-Kopf-Wasserdargebotes verbunden mit den Sorgen um die Erhaltung bzw. Wiederherstellung gesunder Umweltverhältnisse bringen die Bewässerungslandwirtschaft weltweit in Bedrängnis. Sie muss verstärkt mit den anderen Nutzungssektoren um die knapper werdenden Wasserressourcen konkurrieren. Und zwar mit Sektoren, wie der Industrie, dem Gewerbe und den Kommunen, die eine wesentlich höhere Wertschöpfung aufweisen und damit auch wesentlich mehr für das Wasser bezahlen können. In den ländlichen Gebieten, d.h. in ihrem unmittelbaren Umfeld, muss sich die Landwirtschaft und insbesondere die Bewässerungslandwirtschaft den Zwängen des Natur- und Umweltschutzes stellen und ihren Beitrag zu einem nachhaltigen Management der natürlichen Ressourcen leisten. Durch die Öffnung der Märkte, die Globalisierung, ist sie andererseits einem erheblichem ökonomischen Druck ausgesetzt, sie muss auf die Kräfte der freien Marktwirtschaft flexibel, schnell und kostenbewusst reagieren. Die Bewässerungslandwirte können allerdings nur umweltbewusst, nachhaltig und ökonomisch erfolgreich wirtschaften, wenn u.a. das jeweilige Wasserbereitstellungssystem eine solche Wirtschaftsweise ermöglicht. Dies ist insbesondere in den großen Bewässerungssystemen nicht immer der Fall, da diese Systeme von der Technik und dem Management her nicht die notwendige Flexibilität in der Wasserbereitstellung aufweisen. Die Systeme bedürfen einer Überprüfung und gegebenenfalls einer weitreichenden Modernisierung. Nachfolgend sollen beispielhaft die Probleme und Ansätze der Weiterentwicklung des ägyptischen Bewässerungssystems dargestellt werden.

Das Bewässerungssystem

Die ägyptische Bewässerungslandwirtschaft befriedigt ihren Wasserbedarf zum überwiegenden Teil aus dem Lake Nasser, einem Überjahresspeicher, der durch den Bau des Hochdammes von Assuan im Zeitraum 1960 –70 geschaffen wurde. Aus diesem Stausee wird das Bewässerungswasser über den Nil und den von ihm abgehenden Kanälen mittels eines weitverzweigten Zuleitungsnetzes den einzelnen Bewässerungsflächen zugeleitet. Die Ableitung aus dem Nil erfolgt mit Hilfe von Stauwehren

und Pumpanlagen (Oberägypten). Die Stauwehre, wie auch die Primär- und Sekundärkanäle sind öffentliche Einrichtungen. Sie werden vom Ministry of Water Resources and Irrigation (MWRI) betrieben und unterhalten. Das öffentliche Kanalnetz endet im Übergangsbereich zu den sogenannten Mesquas, den unter Aufsicht des Ministeriums stehenden privaten Kanälen. Sie sind von den Anliegern bzw. Nutzern zu betreiben und zu unterhalten. Den Mesquas wird das Bewässerungswasser aus dem öffentlichen Kanalnetz über bis zu 10m lange, unterirdisch verlegte Rohrleitungen zugeleitet. Die einzelnen Bewässerungsflächen liegen im Regelfall 0,5 bis 1,0 m oberhalb des Wasserspiegels der Mesquas, so dass das Wasser stets mittels einer Wasserfördereinrichtung auf das Niveau der jeweiligen Fläche gehoben werden muss. Man bediente sich hierzu ursprünglich der manuell betriebenen „Archimedischen Schraube“ oder der tierbetriebenen Sakia. Diese Fördereinrichtungen sind in den letzten Jahrzehnten zunehmend durch dieselbetriebene Motorpumpen ersetzt worden (Wolff, 1989). Sofern die Bewässerungsflächen nicht direkt von den Mesquas mit Wasser versorgt werden können, wird es diesen über Feldzuleiter (Marwas) zugeführt. Von einer Mesqa werden im Regelfall 100 – 500 feddan⁵ Bewässerungsfläche mit Wasser versorgt. Die aus den Mesqa's gespeisten Marwa's versorgen 10 – 100 feddan mit Wasser. Die Wasserverteilung auf den einzelnen Bewässerungsflächen erfolgt mittels Oberflächenbewässerungsverfahren und zwar vorwiegend in Form des Flächenüberstaus. Die einzelnen Staubecken sind oft nicht größer als 10x10m. Zu Gemüse- und Obstkulturen aber auch zu anderen Reihenkulturen wird gelegentlich die Furchenbewässerung angewandt.

In den Neulandgebieten erfolgt die Wasserbereitstellung durch Wasserförderung aus dem Grundwasser oder durch ober- bzw. unterirdische Zuleitung aus dem Niltal oder Nildelta. Hier ist die Anwendung moderner Bewässerungsverfahren (Beregnung, Tropfbewässerung) wegen der hohen Durchlässigkeit und der geringen Wasserspeicherfähigkeit der Böden gesetzlich vorgeschrieben. Die Anwendung der traditionellen Oberflächenbewässerungsverfahren würde hier systembedingt zu hohen Wasserverlusten und damit zu einem sehr geringen Wirkungsgrad führen.

Die Hauptkanäle im Niltal und Nildelta werden nach der Verfahren der Oberstromkontrolle (upstream control) bei dauernder Wasserführung betrieben. Die Sekundär- und Tertiärkanäle werden dem gegenüber nach einem Saison angepassten Rotationsplan betrieben. D.h. im Bereich der sogenannten Altländereien erfolgt die Wasserbereitstellung über das öffentliche Zuleiternetz noch weitgehend in Form des unterbrochenen Zuflusses (Rotation). Zu diesem Zweck sind die von einem Hauptkanal zu speisenden nachgeordneten Kanäle in wenigstens 2 bis 3 Gruppen eingeteilt, mit je einem etwa gleich großen Bedarf an Bewässerungswasser. Die einzelnen Gruppen werden in einem vorgeplanten Turnus mit Bewässerungswasser versorgt. Dabei wird versucht, die aus der anstehenden Bodenart, dem jeweiligen Anbauverhältnis und der Jahreszeit resultierenden Unterschiede im Wasserbedarf auszugleichen, was aber meist nicht befriedigend gelingt. Bei dem Rotationssystem der Wasserverteilung wird in Ägypten unterschieden zwischen der Periode, in der der einzelne Verteilerkanal eine Wasserzuleitung erfährt und der Periode, in der dem jeweiligen Verteilerkanal kein Wasser zugeleitet wird. Erstere wird als „on-period“, die zweite Periode wird als „off-period“ bezeichnet. Bei vorwiegendem Reisanbau beträgt die „on“ und „off-period“ beispielsweise 4 Tage. Überwiegen andere Kulturen beträgt die „on-period“ 4 Tage und 8 – 10 Tage die „off-period“.

⁵ 1 feddan = 0,42 ha

Organisations- und Managementstruktur

Das ägyptische Bewässerungssystem ist nach einer Klassifikation von Uphoff et al. (1991) als ein „Large-Scale-System“ einzustufen. Ein solches System ist durch fünf oder mehr Organisations-/Betriebsebenen gekennzeichnet und umfasst mehr als 30.000 ha Bewässerungsfläche. Diese Charakterisierung trifft ohne Zweifel für das ägyptische Bewässerungssystem zu.

Alle Managementaufgaben oberhalb der Mesqa-Ebene werden vom Ministry of Water Resources and Irrigation wahrgenommen. Das Ministerium erschließt die Wasservorkommen, teilt das Wasser zu und verteilt es an die Wassernutzer und führt das Entwässerungswasser ab. Es plant, entwirft, baut, betreibt und unterhält das Hauptzu- und -ableitungssystem. Das Ministerium formuliert die Wasserpolitik des Landes und setzt diese um, es entscheidet alle Wassermanagementfragen, mobilisiert finanzielle Ressourcen (aus dem Staatshaushalt), kommuniziert mit dem eigenen Personal, den Wassernutzern, insbesondere den Landwirten, und der Öffentlichkeit. Es ist in wichtigen Bereichen des Konfliktmanagement tätig, insbesondere in den Bereichen Betrieb und Unterhaltung des Systems.

Das Ministerium besteht aus vier Hauptabteilungen (Irrigation, Finance, Planning, Mechanical & Electrical), vier nachgeordneten Behörden/Authorities (Drainage, High Dam, Coastal Protection und Survey), sechs öffentlichen Baufirmen und dem Water Research Center, bestehend aus 11 Forschungsinstituten. Die Baufirmen befinden sich im Prozess der Privatisierung.

In der Fläche besteht das ägyptische Bewässerungssystem aus ca. 50 Command Areas⁶ die nicht deckungsgleich mit den administrativen Einheiten sind. Administrativ ist das System gegliedert in 22 Directorates. Letztere sind die administrativen, regionalen Außenstellen der Hauptabteilung Irrigation, ihnen nachgeordnet sind 48 Inspectorates und 167 Irrigation Districts. Der leitende District-Engineer ist verantwortlich für den Betrieb des Zuleitersystems von jeweils 30.000 bis 40.000 feddan mit 20 bis 50 Zweigkanälen. Dem einzelnen District-Engineer sind ca. 10 Gate Keepers unterstellt, die jeweils für den Betrieb von 4 – 7 Gates zuständig sind. Hinzu kommen ca. 40 Arbeiter für die Ausführung von kleineren Unterhaltungs- und Instandsetzungsarbeiten. District-Engineer und Gate Keeper sind faktisch die einzigen Mitarbeiter des Ministeriums die einen mehr oder weniger ständigen Kontakt zu den Wassernutzern, den Farmern haben. Mit dem Irrigation Improvement Project und der Einrichtung des Irrigation Advisory Service hat sich dies in den Projektgebieten geändert. Hier wird versucht die Nutzer in den Managementprozess mit einzubeziehen.

Neben den regionalen und örtlichen Dienststellen des MWRI spielen für die Funktion des Bewässerungssystems die auf örtlicher Ebene tätigen Mitarbeiter des MALR und die Landwirtschafts-Genossenschaften eine gewisse Rolle. Beide kontrollierten vor allem die Einhaltung des den Landwirten auferlegten Anbauzwanges. Allerdings ist zwischenzeitlich die Rolle der Landwirtschafts-Genossenschaften mit der Aufhebung des Anbauzwanges und der Liberalisierung des Agrarmarktes stark rückläufig.

Neben den staatlichen administrativen Einrichtungen gibt es einige traditionelle, informelle Institutionen die eine spezifische Rolle in der Organisation und dem Management der Bewässerungsaktivitäten auf lokaler Ebene spielen. Hierzu gehört vor allem der jeweilige Dorfbürgermeister (Omda) und die Dorfbeiräte (Sheik al-Balad), wie auch führende Persönlichkeiten entlang des jeweiligen Bewässerungskanal (Mesqa). Bis zur Einrichtung der Village Councils im Jahre 1960 war der Omda die zentrale Ver-

⁶ Command area: ein Gebiet, das von einem über der durchschnittlichen Geländehöhe liegenden Kanal(auslass) mit Bewässerungswasser versorgt wird.

bindungsstelle zwischen den Dorfbewohnern und den staatlichen Organen. Der Omda war zuständig für die Einziehung der Steuern, die Aufrechterhaltung der öffentlichen Ordnung, Überwachung der Einhaltung gesetzlicher Vorschriften, die Organisation der Hand- und Spanndienste für Betrieb und Instandhaltung des Bewässerungssystems. Eine wesentliche Funktion des Omda war das Konfliktmanagement, vor allem in Angelegenheiten des Land- und Wassermanagements. Die Rolle des Omda wurde in den letzten Jahrzehnten mehr und mehr eingeschränkt, in dem viele seiner früheren Zuständigkeiten den auf der dörflichen Ebene angesiedelten Repräsentanten zentraler staatlicher Institutionen übertragen wurden. Es sind dies im Be- und Entwässerungsbereich vor allem die örtlichen Dienststellen des MWRI und des MALR.

Auf der Mesqa- und Marwa-Ebene bestehen allerdings auch weiterhin informelle lockere Organisationsstrukturen der Wassernutzer, die für Außenstehende oft schwer erkennbar sind. Bisher besonders wirkungsvoll waren die Sakia-Gemeinschaften, die sich mit der Umstellung auf Motorpumpen aufgelöst haben (Wolff, 1989). Das Irrigation Improvement Project (IIP) hat dazu geführt, dass nunmehr die rechtlichen Grundlagen für die Bildung von Water User Associations geschaffen wurden. Letztere sind derzeit im Aufbau und haben ihre Bewährungsprobe noch zu bestehen. Mit niederländischer Hilfe werden z.Zt. Dachorganisationen, die Water Boards, der Water User Associations aufgebaut. Ob dieser top-down approach wirkungsvoll und nachhaltig sein wird, bleibt abzuwarten.

Wasserallokation

Das zur Nutzung verfügbare Wasserdargebot wird jährlich unter den verschiedenen Wassernutzungssektoren durch das Inter-Ministerial Committee on Water Planing (ICWP) aufgeteilt. Die Wassernutzungssektoren werden in diesem Committee durch das für den Sektor zuständige Ministerium vertreten. Es sind dies neben dem Ministry of Water Resorces and Irrigation folgende Ministerien: Ministry of Agriculture and Land Reclamation (MALR), Ministry of Electricity and Energy, Ministry of Housing and Public Utilities, Ministry of Industry sowie Ministry of Tourism and Civil Aviation. Die Ministerien melden dem ICWP den Bedarf des von ihnen vertretenen Sektors für das kommende Wasserwirtschaftsjahr und das ICWP entscheidet dann über die Wasserallokation für die einzelnen Nutzungsbereiche. Das MALR vertritt im ICWP die Interessen der Bewässerungslandwirtschaft und deren Wasseransprüche.

Der Bedarf der Bewässerungslandwirtschaft wird für jeden Zweigkanal bzw. Verteilerkanal separat vom MALR berechnet. Dies geschieht auf der Basis (a) der Fruchtfolge; (b) des Wasserbedarfs der einzelnen Kultur; (c) die Größe der mit Bewässerungswasser zu versorgenden Fläche; (d) dem vorherrschenden Bodentyp; und (e) die zu erwartenden Zuleitungs- und Verteilungsverluste. Wenn dem Ministerium die Größe der Anbauflächen der einzelnen Kulturarten im Bereich der jeweiligen Zweig- bzw. Verteilerkanäle bekannt sind, dann ist der Wasserbedarf problemlos zu berechnen und die Wasserbereitstellung für die kommende Saison zu planen. Dies war solange der Fall, wie die Bewässerungslandwirte strikt einer Fruchtfolge folgten und dem staatlichen Anbauzwang unterlagen. Letzterer wurde durch die Genossenschaften, die Agrarian Reform Cooperative oder die Agricultural Cooperative vor Ort kontrolliert. Mit dem Wegfall des Anbauzwanges und der Einführung der freien Marktwirtschaft müssen die Landwirte zunehmend flexibler auf den Markt reagieren und ihre Fruchtfolge u.U. kurzfristig ändern. Dies hat zur Folge, dass es zunehmend schwieriger wird,

die Wasserbereitstellung in Einklang mit dem Wasserbedarf der Bewässerungslandwirte zu bringen.

Erschwerend zu obigem Problem kommt hinzu, dass das handregulierte, auf Rotationsbasis betriebene Zuleitungssystem nicht in der Lage ist, schnell auf einen wechselnden Bedarf zu reagieren, dass es insgesamt sehr schwerfällig ist und dass die aktuelle Wasserbereitstellung zeitlich und mengenmäßig aus unterschiedlichen, meist sozialen und politischen Gründen nicht immer der Planung folgt.

Probleme

Aufgrund der in den letzten Jahren zunehmenden Diversifizierung des Anbaues, d.h. es werden in Ägypten mehr und mehr Gemüse, Obst und diverse Sonderkulturen anstelle der traditionellen Kulturen Weizen, Alexandrinerklee, Baumwolle und Reis angebaut. Hinzu kommt, dass die Landwirte auch den Anbau der traditionellen Hauptkulturen, vor allem der Marktfrüchte (Cash crops) zunehmend von den erwarteten Vermarktungsmöglichkeiten abhängig machen. So wurde z.B. im Sommer 2000 im Nildelta verhältnismäßig viel Reis und entsprechend wenig Baumwolle angebaut. Aus all diesen Gründen wird das Rotationssystem der Wasserverteilung nicht mehr den Ansprüchen der Bewässerungslandwirtschaft gerecht. Dies ist einmal auf die generell höheren Ansprüche der Intensivkulturen an die Wasserversorgung zurückzuführen und zum anderen liegt es daran, dass sich die Diversifizierung vor allem auf der einzelbetrieblichen Ebene vollzieht. Die vielfältiger werdenden und wechselnden Fruchtfolgen der Einzelbetriebe stellen an die Bewässerung und damit auch an die Wasserbereitstellung wesentlich differenziertere Anforderungen.

Hinzu kommt, dass die Wasserverteilung auf Rotationsbasis in Ägypten in zahlreichen Fällen nicht zur Zufriedenheit der Wassernutzer funktioniert. Es kommt immer wieder vor, dass ein Turnus völlig ausfällt oder während eines Turnus` nicht ausreichend Wasser zur richtigen Zeit bereitgestellt wird. Die Landwirte reagieren darauf im Regelfall mit Überbewässerung. Sie führen ihren Flächen nicht nur bei der einzelnen Bewässerung mehr Wasser zu, als im durchwurzelbaren Bodenraum gespeichert werden kann, sondern sie bewässern ihr Feld während der „on-period“ u.U. gleich zweimal, d.h. am Anfang und am Ende der Periode, wenn immer möglich. Durch ein solches Verhalten wird nicht nur der Ablauf der Wasserverteilung erheblich gestört, es kommt infolge dieser Überbewässerung zu Vernässungs- und Versalzungsproblemen und, was in Ägypten zunehmend schwerer wiegt, zu einer Verschwendung der knappen werdenden Ressource Wasser. Leidtragende dieser in Unordnung geratenen Wasserverteilung sind vor allem die sogenannten „tail-end-users“, die Landwirte die mit ihren Bewässerungsflächen am Ende der Mesqas, des Wasserverteilungssystems liegen. Sie bekommen vor allem während der Sommermonate selten ausreichend Wasser. Untersuchungen des MWRI in den Governoraten Baheira und Kafr El-Sheikh haben ergeben, dass die sogenannten „tail-end farmers“ bei den Winterkulturen um 10 – 20% niedrigere Erträge erzielen als die „upstream farmers“, d.h. als die Bewässerungslandwirte die am Anfang des Verteilsystems wirtschaften. Bei den Sommerkulturen betragen die Ertragsunterschiede gar 30 – 40 %. Die durch unbefriedigende Wasserbereitstellung in den Endbereichen des Wasserverteilungssystems bedingten geringeren Erträge sind nicht nur eine Folge des unmittelbaren Einflusses des Wassermangels auf den Ertrag, sondern auch auf durch Wassermangel bedingte Verzögerungen bei der Bestellung und Entwicklung der Bestände zurückzuführen.

Beim Verteilungssystem für Bewässerungswasser handelt es sich, wie oben bereits angedeutet, in Ägypten noch weitgehend um ein handreguliertes System mit veränderlicher Regulierung während einer Bewässerungsperiode. Die wechselnden Bewässerungspläne werden allerdings wenig flexibel gehandhabt. Es erfolgt meist nur eine vorgeplante Veränderung der Regulierung, die variierenden Bedarfssituationen nicht gerecht wird und aufgrund der unzureichenden technischen Ausstattung auch kaum gerecht werden kann. Die technischen Mängel des Verteilungssystems liegen neben der unzureichenden Ausstattung mit Mess- und Regulierorganen vor allem in der Tatsache begründet, dass die Querschnitte der Zuleiter oft nicht den hydraulischen Erfordernissen entsprechen. Eine Überdimensionierung von 25% ist bei den Zuleitern nicht selten. Hinzu kommt die oft unzureichende Qualifikation und Motivation des Personals der einzelnen Irrigation Districts. Insgesamt resultieren aus diesen Mängeln unverhältnismäßig hohe Regulierungsverluste der Verteilungssysteme. Die Regulierungsverluste weisen seit einigen Jahren steigende Tendenz auf. Bedingt ist dies durch die Tatsache, dass die Landwirte, wo und wann immer möglich, von der Nachtbewässerung Abstand nehmen. Da die Verteilsysteme in Ägypten aber auf 24-Stundenbetrieb ausgelegt sind und das Kanalnetz nur begrenzte Speichermöglichkeiten bietet, fließt während der Nachtstunden zunehmend Wasser ungenutzt direkt aus den Zuleitern in die Entwässerungsgräben. Da das Entwässerungswasser, wenn es noch eine hinreichende Qualität aufweist, spätestens am nächsten Schöpfwerk wieder dem Zuleitersystem zugeführt wird, weist das Gesamtsystem trotz der bestehenden Mängel eine relativ hohe Effizienz auf.

Neben den Regulierungsverlusten kommt es vor allem durch Versickerung im Zuleitungsbereich zu weiteren Wasserverlusten. Nach Untersuchungen, die z.B. im Rahmen des Egyptian Water Use and Management Project durchgeführt wurden, liegen die Wasserverluste im Zuleitungsbereich in Ägypten zwischen 10 und 40%. Im Vergleich zu anderen Ländern mit einer vergleichbaren technischen Ausstattung der Bewässerungsanlagen, sind diese Verluste nicht übermäßig hoch. Im Hinblick auf den steigenden Wasserbedarf Ägyptens, bei kaum wesentlich vermehrbarem Wasserdarangebot, sind Verluste in dieser Größenordnung jedoch nicht zu akzeptieren.

Unbefriedigend ist in Ägypten auch das Bewässerungsmanagement auf der Ebene der Bewässerungsflächen, d.h. im Bereich der Mesqas bis hin zu den einzelnen Bewässerungsflächen. Die Probleme reichen hier von der unbefriedigenden Wasserführung in den Mesqas über die Probleme bei der Organisation der Wasserverteilung im Mesqabereich, den geringen Bewässerungswirkungsgraden, der unzureichenden Planierung der Bewässerungsflächen, der fehlenden Steuerung des Bodenfeuchtegehaltes, der mangelhaften Entwässerung, der unzureichenden Unterhaltung der Be- und Entwässerungsanlagen bis hin zu den ackerbaulichen und betriebswirtschaftlichen Komponenten der Bewirtschaftung der Bewässerungsflächen.

Insbesondere die Unterhaltung der Be- und Entwässerungseinrichtungen stellt sich zunehmend als ein schwer lösbares Problem dar. Mangelhafte Unterhaltung, vor allem der Be- und Entwässerungskanäle, führt in Ägypten nur zu oft zu einer unzureichenden und nicht termingerechten Wasserbereitstellung sowie zu einer mangelhaften Abführung des Entwässerungswassers. Letzteres hat hohe Grundwasserstände, Bodenvernässung und Bodenversalzung zur Folge und beeinflusst damit die ökologischen Verhältnisse im Niltal und Nildelta negativ. Letztendlich führt eine unzureichende Gewässerunterhaltung zu erheblichen Ertragsverlusten in der Bewässerungslandwirtschaft, die sich Ägypten angesichts des starken Bevölkerungswachstums nicht leisten kann. Ägypten besitzt derzeit öffentliche, d.h. vom Staat zu unterhaltende, Be-

und Entwässerungskanäle in einer Gesamtlänge von 47.868 km plus 1.427 km Flusstrecke des Nils zwischen Assuan und dem Mittelmeer, ferner ca. 560 größere Pumpstationen und ca. 22.000 Reglerbauwerke. Hinzu kommen ca. 80.000 km durch die Wassernutzer zu unterhaltende tertiäre Kanäle und Feldkanäle (Mesqa und Marwas). Das ägyptische Gewässernetz stellt insgesamt ein äußerst komplexes, sich in vielfältiger Weise gegenseitig stark beeinflussendes System dar, von dessen lückenloser Funktionsfähigkeit in diesem Land nicht nur die Bewässerungswirtschaft abhängig ist. Nach Beobachtungen des Verfassers sind die Ursachen der unbefriedigenden Gewässerunterhaltung in Ägypten äußerst vielschichtig. Bei den anstehenden Problemen auf diesem Gebiet handelt es sich um technische, organisatorische und institutionelle Probleme.

Die Betriebsorganisation sieht vor, dass der Gatekeeper täglich alle Bereiche des von ihm zu betreuenden Kanals bzw. Kanalabschnittes aufsucht und als Anlaufstelle für die Wassernutzer dient. In der Realität besuchen die Gatekeepers nur selten die unteren Bereiche des Kanals. Die Messpunkte, die für die Steuerung des Systems wichtig sind, werden gleichfalls nicht regelmäßig aufgesucht und die Messungen dementsprechend nicht durchgeführt. Radwan (1997) berichtet, dass z.B. die Farmer entlang der Um Aisha Mesqa im al-Bagoor District in der Provinz Minoufia den für sie zuständigen Gatekeeper noch nie zu Gesicht bekommen haben. Da dort überreichlich Wasser zur Verfügung steht, sahen die Bauern in der mangelhaften Kommunikation kein Problem, da die damit zusammenhängende Wasserverschwendung für sie kein Thema ist. Im Bereich der Sibiliya Mesqa im gleichen Distrikt, wo die Wasserzuleitung über einen längeren Zeitraum geringer als der Bedarf war, beschränkt sich der Kontakt zu den örtlichen Mitarbeitern des MWRI auf Auseinandersetzungen über widerrechtliche Handlungen in Zusammenhang mit der Manipulation der Wasserzuleitung seitens der Landwirte.

Das offene Gewässernetz stellt nach wie vor die entscheidende Quelle für die Bilharzioseerkrankungen der ländlichen Bevölkerung Ägyptens dar. Fehlendes Problembewusstsein weiterer Bevölkerungskreise führt dazu, dass das Wasser infizierter Oberflächengewässer unbehandelt als Brauch- und teilweise sogar als Trinkwasser genutzt wird. Auch werden die Gewässer in den entlegenen ländlichen Gebieten noch immer als Abort genutzt, oder es werden ihnen Siedlungsabwässer unbehandelt zugeleitet. Dies hat zur Folge, dass viele Personen, die mit dem Wasser in Hautkontakt kommen, immer wieder an Bilharziose erkranken. Hinzu kommt, dass der schlechte Unterhaltungszustand der Gewässer der Vermehrung der Wirtstiere (Schnecken) Vorschub leistet.

Lösungsstrategien

In Erkenntnis der oben aufgezeigten Probleme des ägyptischen Bewässerungssystems wurde im Rahmen eines speziellen Projektes, dem Egypt Water Use and Management Project, versucht, die Probleme im Detail zu analysieren, Lösungsansätze zu erarbeiten und zu erproben. Das Projekt wurde vom Ministry of Irrigation (heute: Ministry of Water Resources and Irrigation) und dem Ministry of Agriculture and Land Reclamation (MALR) mit Unterstützung von USAID von 1976 bis 1984 durchgeführt und konzentrierte sich auf die Standorte El Mansuriya in der Nähe von Kairo, Abu Raya im nördlichen Nildelta und Abbyuha südlich von El Minia (EWUP, 1984).

Die Ergebnisse des obigen Projektes machten deutlich, dass nur durch ein Bündel von Maßnahmen eine nachhaltige Verbesserung der Leistungsfähigkeit und der damit

zusammenhängenden ackerbaulichen und sozioökonomischen Probleme der ägyptischen Bewässerungslandwirtschaft zu erreichen ist. Besonders deutlich machte das Projekt aber auch, dass diese Verbesserungen zwingend notwendig für die Nachhaltigkeit und Weiterentwicklung der ägyptischen Bewässerungslandwirtschaft wie auch für die Armutsbekämpfung in den ruralen Gebieten sind.

Auf der Grundlage der Erkenntnisse obigen Projektes wurde seitens des Ministry of Irrigation eine Strategie für die Entwicklung der Bewässerungswirtschaft in Ägypten bis zum Jahr 2000 (Strategy for Irrigation Development in Egypt up to the Year 2000) entwickelt (Übersicht 1).

Wie Übersicht 1 zu entnehmen ist, sah die Strategie zur Entwicklung bzw. zur Weiterentwicklung des ägyptischen Bewässerungssystems drei Stufen vor. Hauptziel der Stufe 1 war die Verbesserung der Effizienz des Zuleitersystems und zwar bis hin zu den Farm- bzw. Feldauslässen. In der zweiten Stufe sollte dann die Effizienz der Wassernutzung auf Farm- bzw. Feldebene erreicht werden und schließlich sollte in der dritten Stufe ein System der Erhebung von Wassergebühren eingeführt werden.

Das Ministerium war sich bewusst, dass die oben skizzierte Weiterentwicklung der Bewässerung in Ägypten nur realisiert werden kann, wenn die institutionellen und organisatorischen Voraussetzungen dafür geschaffen würden und die Bereitschaft seitens der Wassernutzer bestehen würde, diese Weiterentwicklung aktiv mitzutragen. Daher wurde gleichrangig zu den technischen Maßnahmen der Aufbau einer Beratungsinstitution für den Bereich Wassermanagement auf der Mesqa-Ebene vorgesehen. Nicht erwähnt wurde in dem Strategiepapier des Ministeriums die gleichfalls als notwendig angesehene Entwicklung einer Selbstverwaltungsorganisation der Wassernutzer vor allem auf den Gebieten Be- und Entwässerung.

Übersicht 1. Strategie zur Entwicklung des ägyptischen Bewässerungssystems bis zum Jahr 2000

1. Stufe 1: Verbesserung der Verteilung des Bewässerungswassers

1.1 Im Bereich des Hauptzuleitersystems

- Überprüfung und Verbesserung der Kanalquerschnitte und Reglerbauwerke im Hinblick auf deren hydraulische Leistung;
- Überprüfung des Rotationssystems der Wasserverteilung und evtl. Umstellung auf Verteilung durch laufenden Zufluss;
- Minimierung der Versickerungs- und Regulierungsverluste des Kanalsystems;
- Berücksichtigung der kapillaren Aufstiegsrate aus dem Grundwasser bei Bemessung der Zuleitungsmenge;
- Verbesserung der Methoden der Messwerterfassung, deren Übermittlung und Verwendung bei der Steuerung des Zuleitersystems;
- „Flurbereinigung“ des Kulturpflanzenanbaues auf der Sekundär- bzw. Tertiärkanalebene zur Erleichterung der Steuerung des Zuleitersystems.

1.2 Im Bereich der privaten Kanäle (Mesqas) und auf der Farm- bzw. Feldebewässerungsebene

- Erneuerung und Entwicklung der Entnahmebauwerke;
- Unterhaltung der Zuleiter und privaten Feldentwässerungseinrichtungen, speziell der Entwässerungsgräben;
- Generelle Einführung der Bewässerung mit künstlicher Förderung und Mechanisierung der Wasserförderung;
- Förderung der Nachtbewässerung.

2. Stufe 2: Entwicklung der Feldebewässerungssysteme

2.1 Im Bereich der Altländereien im Niltal / Nildelta

- Anwendung ordnungsgemäß geplanter Furchenbewässerungssysteme in großem Umfang;
- Einebnung der Bewässerungsflächen;
- Auskleidung von Kanalabschnitten oder die Verwendung geschlossener Zuleiter;
- Reduzierung der Anzahl der Entnahmen an den Zweigkanälen.

2.2 Im Bereich der Neulandgebiete

- Anwendung moderner Bewässerungsverfahren (Beregnung, Tropfbewässerung etc.);
- Verbesserung der Unterhaltung der Feldbewässerungssysteme.

3. Stufe 3: Erhebung von Wassergebühren

Quelle: Samaha, M.A. und Abu-Zeid, M., 1980

Umsetzung der Strategie

Zur Umsetzung obiger Strategie wurde das Regional Irrigation Improvement Project (RIIP) 1985 eingerichtet. Die Arbeit des RIIP (1985-87) bezog sich auf Verbesserungen des Hauptzuleitersystems. Das Nachfolgeprojekt, das Irrigation Improvement Project (IIP) befasst sich seit 1988 vor allem mit der Verbesserung der Technologie auf Mikroebene und deren landesweiter Implementierung. In einem „step-by-step“ Prozess wurde im Rahmen des IIP das sogenannte „Down Stream Control (DSC) package“ entwickelt. Dieses „package“ stellt nicht die technisch optimale Lösung dar, sondern wie Hvidt (1998) es formulierte:

The aim of those who developed this package was to seek the 'best' solution in contrast to the 'optimal' technical solution. The best solution takes into account the social, financial and political aspects of the environment in which the technology is to be implemented.

Ziel des „DSC technological package“ ist die Sicherstellung einer effizienten Wassernutzung und einer optimalen Pflanzenproduktion in Ägypten, in dem den Bewässerungslandwirten die notwendige Flexibilität verliehen wird, ihre Kulturpflanzenbestände zur rechten Zeit, mit der notwendigen Wassermenge in der erforderlichen zeitlichen Folge zu bewässern. Erreicht werden soll dies nicht nur durch eine Verbesserung des Zuleiter- und Bereitstellungssystems, sondern auch durch institutionelle und politische Änderungen innerhalb des Ministry of Water Resources and Irrigation. Letzteres soll nicht Gegenstand dieses Berichtes sein, hier soll nur der erstgenannte Aspekt kurz dargestellt werden.

Das „DSC package“ umfasst sowohl technische wie auch soziale Veränderungen der Bewässerungseinrichtungen die von den Landwirten betrieben werden.

Übersicht 2. Charakteristika des traditionellen und verbesserten ägyptischen Bewässerungssystems (Hvidt, 1998)

Traditional Irrigation Technology		The DSC Technological Package	
Technique:	Knowledge:	Technique:	Knowledge
Rotation system Private pumps Earthen low level mesqas Multiple point lifting	Pump operation Traditional farming knowledge	Continuous flow in branch canal Organizational pumps Improved mesqas: - Raised lined - Pipeline Single point lifting	Pump O&M Mesqa O&M Accounting practices Irrigation scheduling Organization building Scientific knowledge of agricultural practices On-farm water management
Organization:	Product:	Organization:	Product:
Ad hoc cooperation Shared ownership of e.g. pumps Shared mesqua cleaning	Low yielding crops	Permanent organizations Delegation of responsibility Dissemination of knowledge	High yielding crop varieties Change in cropping pattern

Die grundlegende Veränderung, die durch das IIP vorgenommen wird, stellt die Umstellung von der individuellen, multiplen Wasserförderung auf die gemeinschaftliche Einpunkt-Wasserförderung im Mesqabereich dar. Um dies zu ermöglichen, wird das Bewässerungssystem im Rahmen des IIP vom unterbrochenen (Rotation) auf laufenden Zufluss umgestellt, die Mesqas über Geländehöhe angehoben, die multiple durch die Einpunkt-Wasserförderung am Anfang der jeweiligen Mesqa ersetzt, und die Steuerung des Kanalnetzes von der Oberwasserregulierung auf Unterwasserregulierung umgestellt. Des weiteren werden Water-User Assoziations und ein Irrigation Advisory Service eingerichtet. Die Unterschiede zwischen traditionellen und dem verbesserten Bewässerungssystem sind in der Übersicht 2 dargestellt.

Die Projektfortschritt des IIP ist mit derzeit etwa 30.000 feddan pro Jahr relativ gering. Bisher wurden 130.000 feddan mit einer verbesserten Wasserbereitstellungsinfrastruktur ausgestattet. USAID hat kürzlich die Pilotvorhaben, die zum IIP führten und nach deren Vorbild das IIP geplant wurde, im Hinblick auf die erreichte Effektivität untersuchen lassen. Die Untersuchung ist zu dem Ergebnis gekommen:

- *to promote sustainability, cost sharing program with farmers is essential;*
- *there is a lack of staff to accomplish project goals;*
- *tripartite coordination between the farmers, Irrigation Advisory Service (IAS) and agricultural extension for improvement of water conservation and yield is lacking; and*
- *the construction program is behind schedule mainly due to late start and lack of experience of construction contractors, which require proper selection and close supervision of contracts.*

Als externer Beobachter kann man sich des Eindrucks nicht erwehren, dass das IIP vor allem die betroffenen Wassernutzer überfordert. Die vorgenommenen Änderungen sind für die Wassernutzer, insbesondere die Kleinbauern sehr gravierend. Sie brauchen ganz offensichtlich mehr Zeit, um sich mit der neuen Situation, mit ihrer neuen Rolle etc. vertraut zu machen.

On-Farm Water Management

Unter On-Farm Water Management (OFWM) ist die Manipulation oder Handhabung des Wassers im Bereich der individuellen Farm zu verstehen. Räumlich versteht man darunter in Ägypten den Bereich, der dem tertiären Zuleitersystem, der Mesqa-Ebene, nachgelagert ist. Dazu gehören neben den einzelnen Bewässerungsflächen auch die Farmkanäle, die sogenannten Marwas. Entsprechend obiger Definition gehören auch die Felddrönanlagen und deren Management, bis hin zum Vorfluter dazu. In Ägypten werden die Felddrönanlagen allerdings bis hin zum letzten Sauger noch von der Egyptian Public Authority for Drainage Projects (EPADP) betrieben und unterhalten. Es ist jedoch kaum zu erwarten, dass die EPADP auf Dauer die notwendigen Haushaltsmittel zugewiesen bekommt, um den ordnungsgemäßen Betrieb der Felddrönanlagen durchzuführen. Früher oder später müssen diese Aufgaben von den Nutzern, d.h. den Bewässerungslandwirten wahrgenommen werden. Wobei die Funktionskontrolle wie auch die Instandhaltung der Felddrönanlagen in den unmittelbaren Zuständigkeitsbereich des jeweiligen Landeigentümers/Landnutzers fallen und damit zum Bereich des OFWM gehören dürfte, wie dies weltweit üblich ist.

Der Bereich in dem OFWM stattfindet beginnt in Ägypten, wie oben dargelegt im Übergangsbereich von der Mesqa zur Marwa und endet mit der Drönung, d.h. der Abgabe des Drönwassers an den Sammler bzw. Vorfluter. Zwischen diesen beiden Punkten hat der einzelne Landwirt unterschiedliche Möglichkeiten der Handhabung des Bewässerungswassers. Seine Möglichkeiten werden allerdings mehr oder weniger stark eingeschränkt durch die Zwänge, die sich aus der zeitlichen und mengenmäßigen Wasserbereitstellung und durch die Interessen des MWRI ergeben. Das MWRI hat vor allem ein Interesse daran, dass das System funktioniert und dass die Landwirte eine ressourcenschonende Handhabung des Wassers praktizieren. Durch die von den Landwirten geforderte ressourcenschonende Handhabung soll Wasser eingespart, qualitativ nicht abgewertet und für Bewässerungsvorhaben in den Wüstengebieten abgezweigt werden. Im Gegensatz dazu haben die einzelnen Landwirte im Regelfall ein ausschließliches Interesse daran, ihre eigenen Kulturpflanzenbestände hinreichend mit Wasser zu versorgen und damit die Erträge zu sichern, gegebenenfalls zu steigern sowie ein sicheres, möglichst hohes Einkommen zu erwirtschaften. Es interessiert sie nicht Wasser zu sparen, um dadurch die Ausweitung des ägyptischen Agrarwirtschaftsraumes zu ermöglichen. Diese Interessengegensätze sind nicht unüberbrückbar. Im Gegenteil: eine bedarfsgerechte, auf Ertrags-sicherung und –steigerung ausgerichtete Bewässerung ist im Regelfall auch durch eine relativ hohe Effizienz der Wassernutzung und damit durch Wassereinsparungen gekennzeichnet. Entscheidend für den ägyptischen Bewässerungslandwirt ist allerdings, dass sich die für die Effizienzsteigerung notwendigen Investitionen lohnen, dass sie einen deutlichen Gewinn abwerfen.

Zu den Maßnahmen die in Ägypten derzeit unter OFWM verstanden werden zählen: Förderung des Wassers aus der jeweiligen Mesqa in die Marwa, Wasserzuleitung zu den Bewässerungsflächen mittels der Feldkanäle (Marwa's), Flächenvorbereitung für die Verteilung des Wassers auf der Fläche, meliorative Maßnahmen zur Verbesserung des Bodenwasser- und -lufthaushaltes, Aufleitung und Verteilung des Wassers auf der Fläche, Ableitung des Überschusswassers. Für die Bewässerungslandwirte stellen der Betrieb und die Instandhaltung der Marwa's ein zunehmendes Problem dar, da sie sehr arbeitsaufwendig sind. Hinzu kommt, dass es verhältnismäßig lange dauert, bis die Marwa's während der „on-period“ mit Wasser gefüllt sind, d.h. bis die

eigentliche Bewässerung beginnen kann. Damit wird die „on-period“ für den einzelnen Landwirt verkürzt und kann dazu führen, dass ihm nicht genügend Zeit für die Bewässerung seiner Felder zur Verfügung steht. Bei Auskleidung oder Verrohrung der Marwa tritt dieses Problem nicht auf. Wenn der einzelne Landwirt in Kooperation mit seinen Feldnachbarn die Marwa durch Gated Pipes ersetzen kann, erlangt er zusätzlich Flexibilität in der Wasserverteilung und spart unproduktive Fläche ein. In Pilotprojekten hat sich die Verwendung von Gated Pipes in Ägypten bereits bestens bewährt.

Bei der Oberflächenbewässerung spielt die Oberflächengestalt der Bewässerungsfläche eine entscheidende Rolle für die Gleichmäßigkeit der Wasserverteilung und damit für die Wasserversorgung der Pflanzen und deren Ertragsleistung. Bisher haben die ägyptischen Bewässerungslandwirte versucht dies durch Unterteilung ihrer Bewässerungsfläche in eine Vielzahl von Minibecken (etwa 10x10 m) zu erreichen. Die jeweils nach der Grundbodenbearbeitung erneut manuell herzustellenden Begrenzungsdämme dieser Minibecken erweisen sich zunehmend als ein großes Hindernis für die Mechanisierung der Pflege- und Erntearbeiten. Hinzu kommt, dass die Herstellung dieser Dämme, wie auch die manuelle Planierung sehr arbeitsaufwendig ist. Mit der Lasertechnik können heute auch unter ägyptischen Verhältnissen Planierungsarbeiten sehr exakt und kostengünstig ausgeführt werden, so dass sich die Anlage von Minibecken erübrigt und die Wasserverteilung auf der Fläche gleichmäßiger und weniger arbeitsaufwendig erfolgen kann.

Mit der Untergrundlockerung, sowie gegebenenfalls mit der Gipsdüngung und in Kombination mit der Dränung lässt sich der Bodenwasser- und -lufthaushalt vor allem im nördlichen Delta deutlich verbessern und damit ein Beitrag zur Ertragssicherung und -steigerung leisten. Auch tragen diese meliorativen Maßnahmen dazu bei, der Bodenversalzung und Bodenalkalisierung entgegen zu wirken. Gedrängt werden in Ägypten grundsätzlich alle Flächen, die einen Grundwasserstand von <1,00 m unter Flur aufweisen. Eine Anpassung des Grundwasserstandes an die Bedürfnisse der angebauten Kulturpflanzen (z.B. Reis) kann mit den installierten Dränanlagen z.Zt. nicht erfolgen.

Eine gezielte Steuerung der Bewässerung erfolgt in Ägypten z.Zt. noch nicht. Damit steht der Bodenwasserhaushalt auch selten in Einklang mit den Ansprüchen der bewässerten Kulturpflanzen. Hier dürfte noch ein erhebliches ungenutztes Ertragspotential und zugleich ein Wassereinsparungspotential vorliegen. Bei agronomischen Entscheidungen bleibt die Frage einer gezielten Wasserapplikation bisher unberücksichtigt.

Völlig unterentwickelt sind betriebswirtschaftliche, arbeitswirtschaftliche Überlegungen in Zusammenhang mit einem verbesserten On-Farm Water Management. Man hat noch nicht erkannt, dass die ägyptische Landwirtschaft in Zukunft nicht nur ihren Beitrag zur Sicherstellung der Ernährung der rapide wachsenden Bevölkerung zu leisten hat, sondern dass sie mit weniger Wasser auskommen muss und dass sie vor allem eine höhere Wertschöpfung pro eingesetzter Wassermenge erzielen muss. OFWM ist daher mehr als nur die Entwicklung technologischer Lösungsansätze.

Zur Lösung der Probleme im OFWM wurden in den vergangenen Jahren eine Reihe von Pilotvorhaben durchgeführt. Hierzu gehört u.a. das mit kanadischer Unterstützung durchgeführte National Development Project On-Farm Water and Soil Management

Project (OWSOM) und das Agriculture Policy Reform Program (gated pipes in der Zuckerrohrbewässerung) sowie das Egyptian German Cotton Sector Promotion Program (gated pipes, Beregnung, Tropf- bzw. Mikrobewässerung). Mit japanischer Unterstützung ist gerade ein weiteres Vorhaben angelaufen. Alle diese Vorhaben haben interessante Aspekte eines verbesserten OFWM erarbeitet, die einer landesweiten Einführung in der Praxis der Bewässerungslandwirtschaft harren. Die schnelle landesweite Verbreitung und Anwendung der erarbeiteten technologischen Ansätze ist trotz dieser Projekte bisher an der Skepsis der Bewässerungslandwirte gescheitert. Sie sind zwar interessiert, sehen aber noch nicht die wirtschaftlichen Vorteile, die entsprechende persönliche Investitionsentscheidungen rechtfertigen. Effizienzsteigerung in der Wassernutzung ist für sie in der Regel kein Argument.

Zusammenfassung

Das ägyptische Bewässerungssystem, das sich seit dem Bau des ersten Nil-Stauwehres und verschiedener Bewässerungskanäle im Jahre 1861 bis heute entwickelte, stößt zunehmend an seine Grenzen und bedarf dringend der Modernisierung. Dies vor allem, weil es nicht mehr in der Lage ist, allen Bewässerungslandwirten die für die Versorgung ihrer Kulturpflanzenbestände notwendige Wassermenge in der notwendigen Quantität und Qualität termingerecht bereitzustellen. Es werden die entwickelten Lösungsstrategien sowie die bis dato vorgenommene Umsetzung dieser Strategien aufgezeigt. Auf die Bedeutung des On-Farm Water Managements wird gesondert hingewiesen.

Summary

The present Egyptian irrigation system has evolved since the construction of the Nile barrages and irrigation canals in 1861. The system increasingly shows its limits and has to be urgently modernised. This is because the system is not any more able to supply all farms in time with the quantity and quality of water needed to supply the crops grown according to their needs. The paper describes the strategies developed to solve the problems of the Egyptian irrigation system and the measures undertaken so far to solve these problems. The importance of a modern on-farm water management is especially mentioned.

Literatur

Allam, A.E.I. et al., Water savings through improved irrigation in sugar cane cultivation.- Agriculture Policy Reform Program – Reform Design and Implementation Unit Report No. 71

Ellis, B., 2000: Review of Program of Gated-Pipe Irrigation on Sugarcane.- Agriculture Policy Reform Program – Reform Design and Implementation Unit Report No. 96

El-Fattal, L., 1999: Status of the Upper Egypt On-Farm Water Management Improvement Program.- Agriculture Policy Reform Program – Reform Design and Implementation Unit Report No. 86

El-Wafa, M.A., 1998: Economic analysis of sprinkler irrigation vs. Flood irrigation at Al-Mansheya.- Egyptian German Cotton Sector Promotion Program, Cairo.

El-Yazal, M.N.S. et al., 1998: Cotton crop response to sprinkler irrigation system in Egyptian old lands.- Egypt. J. Res. 76 (3), 1347 – 1361.

EWUP, 1984: Improving Egypt's Irrigation System in the Old Lands. Findings of the Egypt Water Use and Management Project. Final Report.- Selbstverlag Water Distribution and Research Institute, Water Research Center, Ministry of Irrigation, Government of Egypt, Bulaq-Cairo.

Hvidt, M., 1998: Water, Technology and Development. Upgrading Egypt's Irrigation System.- Tauris Academic Studies, London und New York.

Keith, J. et al., 1998: Egypt's sugarcane policy and strategy for water management.- Agriculture Policy Reform Program – Reform Design and Implementation Unit Report No. 33

Samaha, M. A.; Abu-Zaid, M.. 1980: Strategy for Irrigation Development in Egypt up to the Year 2000.- Water Supply & Management 4, 139 – 146

SFMP & CSPP, 1997: The impact of a developed irrigation system on cotton cultivation in old lands.- Egyptian German Cotton Sector Promotion Program, Cairo.

Uphoff, N.et al., 1991: Managing irrigation: Analyzing and improving the performance of Bureaucracies.- Sage, New Delhi.

Wolff, P., 1982: Technical aspects of mechanization in irrigation farming – a land improvement specialists view.- Applied Geography and Development Vol. 19, 7 – 21.

Wolff, P., 1988: Das ägyptische Bewässerungssystem und seine Probleme.- Der Tropenlandwirt 89, 45 – 53

Wolff, P., 1989: Werden die ägyptischen Sakia-Gemeinschaften Opfer des technischen Fortschrittes? Zeitschrift für Bewässerungswirtschaft 24 (H. 2), 150 – 162.

Wolff, P. und R. Hübener, 1999: Irrigation in the world – The future will not be like the past.- Natural Resources and Development Vol. 51, 84 – 97.

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. Peter Wolff
Heiligenstaedter Weg 5
D-37213 Witzenhausen
Germany

By no means, Egypt can embark into the 21st Century while the existing public attitude towards water resources is still based on the belief that the Nile water has been flowing endlessly from time immemorial and forever, and that there is no reason for concern over the scarcity of water, whatever the case may be. It follows, therefore, that the abolition of water waste should be a basic requirement for proper management of water resources, and an intrinsic component of our culture, to be fully absorbed by the coming generations, in order to conserve their resources, when faced with increasing needs (Egypt in the 21st Century – Vision 2017)

Zunehmende Wasserverknappung in Ägypten: Herausforderungen und Strategien

Increasing Water Scarcity in Egypt: Challenges and Strategies

Prof. Dr. Peter Wolff, Witzenhausen

Einführung

In einer umfangreichen Studie hat das International Water Management Institute die Wasserbedarfs- und Wasserbereitstellungssituation von 118 Ländern untersucht (Seckler et al., 1998). In dieser Studie wurden 17 Länder in Nordafrika, Westasien und Südafrika sowie die Trockengebiete des westlichen, südlichen Indien und des nördlichen China als Gebiete mit extremem Wassermangel im Jahr 2025 identifiziert. In diesen Regionen leben heute 1 Mrd. Menschen. Im Jahr 2025 werden es voraussichtlich 1,8 Mrd. sein. Die meisten der Länder dieser Regionen werden nicht in der Lage sein, aus dem verfügbaren Wasserdargebot die Aufrechterhaltung der Nahrungsmittelproduktion auf dem Niveau des Jahres 1990 sicherzustellen, und dabei zugleich den Wasserbedarf der Industrie, der Siedlungswasserwirtschaft und der Umwelt zu befriedigen. Viele dieser Länder sind schon heute mangels ausreichender Mengen an Bewässerungswasser auf den Import großer Getreidemengen angewiesen. Künftig werden sie dies vermehrt und in größerem Umfang tun müssen. Die betroffenen Länder sind ganz offensichtlich an die Grenzen der Wasserbereitstellung gestoßen. Eines dieser Länder ist Ägypten, wo Wasserdargebot und Wasserbedarf zunehmend in ein geradezu dramatisches Missverhältnis geraten. Am Beispiel Ägyptens soll in diesem Beitrag untersucht werden, wie die Politik auf die Situation reagiert und welche Strategien sie verfolgt.

Zur Wasserdargebots- und –verbrauchssituation in Ägypten

Bedingt durch seine geographische Lage in einer der niederschlagärmsten Regionen der Welt ist Ägypten im Hinblick auf seine Wasserversorgung fast ausschließlich von dem Nilzufluss abhängig. Der Nil durchströmt das Land als sogenannter Fremdlingsfluss von Süd nach Nord, d.h. er erhält in Ägypten keinen natürlichen Zufluss. Von dem mittleren jährlich nutzbaren Nilabfluss von 74 Mrd. m³ stehen Ägypten 55,5 Mrd. m³ zur Verfügung. Im Bereich der Mittelmeerküste beträgt die Jahresniederschlagssumme ca. 200 mm in Alexandria und ca. 75 mm in Port Said. Der Niederschlag wird dort u.a. im Regenfeldbau und in Form des Wasserkonzentrationsanbaues genutzt.

Zum Landesinneren hin nimmt die Niederschlagsmenge ab. In Kairo fallen durchschnittlich 20 mm Niederschlag pro Jahr, in Assuan sind es nur noch 2 mm/Jahr. Vor allem im südlichen Teil der Halbinsel Sinai und entlang des Roten Meeres kommt es hin und wieder zu wolkenbruchartigen Niederschlägen und in deren Folge zu Sturzfluten.

In sehr begrenztem Umfang ist in der westlichen Wüste und auf Sinai fossiles, nicht erneuerbares Grundwasser nutzbar. Derzeit werden etwa 0,5 Mrd. m³ pro Jahr aus diesem Grundwasservorkommen genutzt. Die großen Tiefen dieser Vorkommen (bis zu 1.500 m) und deren Qualität beschränken deren Nutzung. Da die Vorkommen nicht erneuerbar sind, handelt es um eine zeitlich und mengenmäßig begrenzte Nutzung, kaum geeignet für eine längerfristig angelegte Besiedelung der Wüstengebiete und eine darauf aufbauende Bewässerungslandwirtschaft. Die Grundwasservorkommen des Niltals und Nildeltas können nicht als ein eigenständiges Wasservorkommen gewertet werden, da sie ausschließlich durch Versickerung von Nilwasser gespeist werden. Die Entnahme aus diesem Grundwasservorkommen kann daher nicht als ein zusätzliches Wasserdargebot angesehen werden. Das Vorkommen ist vielmehr ein unterirdisches Nilwasserreservoir. Z.Zt. werden etwa 4,8 Mrd. m³ pro Jahr aus dem erneuerbaren Speicherraum von nur 7,5 Mrd. m³ entnommen.

Die Entsalzung von Meer- und Brackwasser wurde in Ägypten bisher nicht als Möglichkeit der Mehrung des Wasserdargebotes angesehen, weil die Kosten je Kubikmeter mit 3 – 7 LE (ägyptischen Pfund) zu hoch sind. Die Nutzung von entsalztem Wasser zu landwirtschaftlichen Zwecken dürfte auch in Zukunft nicht wirtschaftlich sein. Möglichkeiten einer entsprechenden Nutzung werden in den Touristen- und Freizeitgebieten entlang des Mittelmeeres und des Roten Meeres gesehen. Die Verwendung von entsalztem Meerwasser umfasst in Ägypten z.Zt. ca. 0,03 Mrd. m³/Jahr.

Die ägyptische Regierung erwartet, dass das Jonglei-Kanalprojekt im Süden des Sudan in absehbarer Zeit verwirklicht wird und sich damit das nutzbare Wasserdargebot um 2 Mrd. m³/Jahr erhöht. Diese Hoffnung wird allerdings schon seit mehr als 25 Jahren gehegt. Das Vorhaben sieht vor, durch den Bau eines Kanals durch den Sudd, einem großen Sumpfgebiet, den Abfluss des Weißen Nils zu kanalisieren und zu beschleunigen. Dadurch erhofft man eine deutliche Einschränkung der Verdunstungsverluste zu erzielen und damit eine Erhöhung der Abflussmenge in den Hochdamm von Assuan. Das Vorhaben ist aus ökologischen Gründen sehr umstritten.

In Tabelle 1 ist die ägyptische Wasserbilanz des Jahres 90/91 der erwarteten des Jahres 2000 gegenübergestellt.

Tabelle 1: Wasserbilanz der Arabischen Republik Ägypten in den Jahren 1990/91 (aktuell) und 2000 (erwartet)

Wasserdargebot/Wasserverbrauch	1991/91 (aktuell) Mrd. m ³	2000 (erwartet) Mrd. m ³
Verfügbares Wasserdargebot	55,5	55,5
Beitrag des Jonglei-Projektes etc.		2,0
Evapotranspiration	36,6	38,9
Nutzung durch Haushalte, Gewerbe und Industrie	1,5	4,8
Verdunstungsverluste	2,0	2,7
Abfluß ins Mittelmeer	12,1	11,8
Schifffahrt, Wasserenergie	1,6	0,3
Überschuss	1,7	-1,0

Das Drainage Research Institute des Water Research Centers hat in umfangreichen Studien ermittelt, dass zur Aufrechterhaltung einer ausgeglichenen Salzbilanz aus dem Niltal und Nildelta jährlich mindestens ca. 20 Mio. t Salz in das Mittelmeer ausgetragen werden müssen. Wenn man davon ausgeht, dass Dränwasser mit einem Salzgehalt von 2.500 mg/l nicht mehr genutzt werden kann und damit ins Meer abgeleitet werden muss, dann ist für den Austrag von 20 Mio. t Salz eine Wassermenge von ca. 8 Mrd. m³ erforderlich. D.h. 8 Mrd. m³ Nilwasser müssen durch das ägyptische Be- und Entwässerungssystem zur Aufrechterhaltung einer hinreichend ausgeglichene Salzbilanz des Niltales und Nildeltas hindurchfließen. Auf der Grundlage eines erneuerbaren Wasserdargebotes von 55,5 Mrd. m³, das kaum wesentlich vermehrbar ist, und dem absoluten Vorrang der Wasserversorgung der Kommunen, des Gewerbes und der Industrie kann die künftige Wasserbilanz Ägyptens nur, wie in Tabelle 2 dargestellt, aussehen. Hinsichtlich des Anteils des Agrarsektors an der Nutzung des Wasserdargebotes ist langfristig von einer abnehmenden Tendenz auszugehen.

Tabelle 2. Geschätzte künftige Wasserbilanz Ägyptens

	Wasserdargebot Mrd. m³	Wasserverbrauch Mrd. m³
Nilwasserzufluß	55,5	
Netto-Wasserverbrauch Kommunen		2,5
Netto-Wasserverbrauch Industrie		2,0
Unvermeidbare Verdunstung		2,0
Wasserbedarf für Salzaustrag etc.		8,0
Netto-Evapotranspiration der landw. Kulturen		41,0

Wenn man für Ägypten eine mittlere Netto-Evapotranspiration von 1.200 mm/a annimmt, reichen die 41 Mrd. m³, die für landwirtschaftliche Kulturen zur Verfügung stehen, zur Bewässerung von etwa 3,4 Mio. ha. Derzeit beträgt die Gesamtbewässerungsfläche ca. 2,86 Mio. ha, das bedeutet, dass theoretisch noch für 0,54 Mio. ha Bewässerungswasser zur Verfügung steht.

Wenn die in der Planung schon weit vorangeschrittene Landerschließung auf Sinai (240.000 feddan), sowie im Bereich des östlichen und westlichen Delta (360.000 feddan) und wenn die bereits erschlossenen, aber noch nicht genutzten Flächen (200.000 feddan) demnächst in Produktion gehen, dann erhöht sich die landwirtschaftliche Nutzfläche Ägyptens auf ca. 3,2 Mio. ha. Damit reduziert sich die weitere mögliche Extension der landwirtschaftlichen Nutzfläche Ägyptens auf ca. 200.000 ha.

In obiger Wasserbilanz (Tabelle 2) sind die Niederschläge und das Eindringen von Meerwasser in das Grundwasser nicht berücksichtigt. Der effektive Niederschlag wird auf 1 – 2,5 Mrd. m³ pro Jahr geschätzt. Er ist allerdings nur von einer gewissen wasserwirtschaftlichen Bedeutung in den nördlichen, küstennahen Gebieten des Landes. Nach Bayoumi et al. (1997) dringen jährlich etwa 2 Mrd. m³ Meerwasser in die küstennahen Grundwasserleiter ein.

Nicht berücksichtigt in den obigen Wasserbilanzen (Tabelle 1 und 2) ist die Tatsache, dass Ägypten ganz offensichtlich mehr als die vertraglich garantierten 55,5 Mrd. m³/a genutzt hat und gegenwärtig nutzt. Ein Nachweis dafür findet sich in den offiziellen ägyptischen Veröffentlichungen nicht. Dies dürfte politische Gründe haben. Da der Sudan seinen Anteil am Nilabfluss, der im Lake Nasser gespeichert wird nicht in vol-

lem Umfang nutzt, die entsprechende ungenutzte Wassermenge sich im Speicher nicht wieder findet, muss man davon ausgehen, dass diese von Ägypten dem Speicher entnommen wurde und wird. Radwan (1997) schätzt die entsprechende Wassermenge auf 5 Mrd. m³/a. Je weiter der Sudan künftig seine Bewässerungslandwirtschaft ausdehnt um so mehr wird er seinen Anteil am Nilabfluss ausschöpfen. Dies bedeutet, dass sich das aktuelle Wasserdargebot für Ägypten schon aus diesem Grund künftig mehr und mehr vermindern wird.

Die Verfügbarkeit von nutzbaren Wasserressourcen ist nicht nur eine Frage der Wasserquantität sondern zunehmend vor allem eine Frage der Wasserqualität. Obwohl die Wasserqualität im Lake Nasser noch gut ist, besteht Anlass zur Besorgnis. Sorgen bereiten in diesem Zusammenhang die Siedlungsaktivitäten an den Ufern des Stausees sowie die Entwicklungen im Einzugsgebiet des Nil und die damit zusammenhängende mögliche Belastung der Gewässer. Aufgrund der Tiefe des Stausees (bis zu 130 m) und der saisonalen Variation der Temperatur kommt es zu einer Temperaturschichtung und einer Einschränkung der vertikalen Durchmischung des Wassers. In Folge dieser Temperaturschichtung werden die unteren Wasserschichten nicht hinreichend mit Sauerstoff versorgt. Dies führt zu anaeroben Bedingungen und einer Minderung der Wasserqualität. Der Sauerstoffmangel und das Auftreten von anaeroben Bedingungen wird zunehmen, wenn der Stausee durch den Eintrag zusätzlicher Mengen organischer Substanz und mineralischer Nährstoffen zunimmt. Aus diesem Grund ist der Schutz der Nilwasserqualität nicht nur ein Problem flussabwärts des Hochdammes von Assuan. Schutzbedürftig ist der Stausee selbst und alle seine Zuflüsse.

Die Wasserqualität des Nils flussabwärts vom Hochdamm von Assuan, soweit es den Salzgehalt und den löslichen Sauerstoffgehalt betrifft, hat sich in den letzten Jahrzehnten nicht gravierend verändert. Wenn man jedoch weitere Qualitätskriterien in die Bewertung einbezieht, ist eine Minderung der Wasserqualität auszumachen. Besonders stark belastet sind die Entwässerungskanäle, in die verbotswidrig zunehmend unbehandelte oder nur teilbehandelte Industrieabwässer, Abwasserschlämme und sogar Siedlungsabfälle eingeleitet werden. Das Dränwasser ist daher teilweise sehr stark mit Schadstoffen belastet. Diese Belastung führt vor allem in Oberägypten zur Belastung des Nilwassers, da dort das Dränwasser über den Nil abgeführt wird. Im Delta erfolgt dies nur teilweise. Dort, vor allem im nördlichen Delta, wird das Dränwasser über Entwässerungskanäle den Küstenseen zugeführt oder direkt ins Mittelmeer abgeführt.

Strategien der ägyptischen Regierung

Ägypten hat 1975 erstmals seine Wasserpolitik formuliert und mit einer systematischen wasserwirtschaftlichen Planung begonnen. Seit dieser Zeit betreibt das Land eine sehr dynamische Wasserpolitik und wasserwirtschaftliche Planung, die von 1975 bis heute mehrfach reformiert wurde. Die Notwendigkeit einer in die Zukunft gerichteten Wasserpolitik und wasserwirtschaftlichen Planung wurde den politischen Entscheidungsträgern spätestens in Folge der achtjährigen Dürreperiode von 1979 – 85 deutlich. Bis dahin war in Ägypten selbst bei den Entscheidungsträgern die Meinung weit verbreitet, dass Wasser reichlich zur Verfügung steht, dass der Nil unerschöpflich sei. Die Ägypter mussten schließlich erkennen, dass sich mit dem rasanten Bevölkerungswachstum das jährliche Pro-Kopf-Wasserdargebot dramatisch abnahm

und immer weiter abnimmt. In den 80er und 90er Jahren näherte sich das Pro-Kopf-Wasserdargebot dem international gebräuchlichen Grenzwert von 1.000 m^3 , d.h. einer verfügbaren Wassermenge ab der nach internationalen Erfahrungen die Wasserversorgung kritisch wird. Zwischenzeitlich ist die ägyptische Bevölkerung auf ca. 69 Mio. gestiegen und das Pro-Kopf-Wasserdargebot liegt mit ca. $800 \text{ m}^3/\text{a}$ deutlich unter dem obigen Grenzwert. Die Tendenz ist weiter fallend.

Die seit 1975 betriebene Wasserpolitik und wasserwirtschaftliche Planung war und ist noch immer durch ein Wasserbereitstellungsmanagement gekennzeichnet, d.h. die Wasserpolitik war und ist auf eine Mehrung des Wasserdargebotes durch Grundwassererschließung, die Wiedernutzung des Entwässerungswassers, Einschränkung des Winterwasserabflusses und die Mehrung des Abflusses des Weißen Nils ausgerichtet. Zu den häufigen Änderungen der Wasserpolitik, insbesondere der entsprechenden Planungen war man gezwungen, weil die getroffenen Annahmen nicht eintrafen und weil die Neuaufgabe und Ausweitung der Neulandgewinnung in den Wüstengebieten dazu zwang.

Ein quasi übergeordnetes Ziel der ägyptischen Wasserpolitik ist die Abzweigung von „Überschusswasser“ für die Bewässerung von Neuland in den Wüstengebieten des Landes. Dies insbesondere da alle ägyptischen Regierungen der Neulandgewinnung seit der Revolution eine besonders hohe Priorität eingeräumt haben bzw. immer noch einräumen. Die volkswirtschaftliche und wasserwirtschaftliche Sinnhaftigkeit der Wüstenkultivierung wurde dabei nie in Frage gestellt.

Das Ministry of Water Resources and Irrigation (MWRI) geht in seinem Water Policy Paper (Ammer, 1999) davon aus, dass ab dem Jahr 2017 ein Wasserdargebot von $87,67 \text{ Mrd. m}^3$ pro Jahr zur Verfügung steht. Damit soll der voraussichtliche Bedarf von $86,74 \text{ Mrd. m}^3$ im Jahr 2017, wie in Tabelle 3 dargestellt, abgedeckt werden. Dabei wird davon ausgegangen, dass bis zum Jahr 2017 das Jonglei-Kanalprojekt im Süd-Sudan ausgeführt und damit der jährlich durch Ägypten nutzbare Nilabfluss um 2 Mrd. m^3 erhöht wurde. Weiter wurde von folgenden Annahmen ausgegangen:

- Nutzung des Niederschlagsabflusses und der Sturzfluten (Rainfall and flash flood harvesting) nimmt zu von 1,0 auf $1,5 \text{ Mrd. m}^3/\text{Jahr}$;
- Nutzung fossiler Grundwasservorkommen in den Wüstengebieten und auf Sinai steigt von 0,57 auf $3,77 \text{ Mrd. m}^3/\text{Jahr}$;
- Grundwassernutzung im Niltal und Nildelta steigt von 4,8 auf $7,5 \text{ Mrd. m}^3/\text{Jahr}$;
- Wiedernutzung des Entwässerungswassers im Nildelta nimmt zu von 4,9 auf $8,4 \text{ Mrd. m}^3/\text{Jahr}$;
- Abwasserverwertung steigt von 0,2 auf $2,0 \text{ Mrd. m}^3/\text{Jahr}$;
- Entsalzung von Meerwasser kommt nur in den Küstengebieten in der Siedlungswasserwirtschaft zur Anwendung.

Bei der Abschätzung des Wasserbedarfs der Landwirtschaft wurde davon ausgegangen, dass bis zum Jahr 2017 $3,5 \text{ Mio. feddan}$ Neuland zu der derzeitigen landwirtschaftlichen Nutzfläche von $8,5 \text{ Mio. feddan}$ hinzu gekommen sind. Es wird angenommen, dass 4 Mrd. m^3 durch Verbesserung der Bewässerung eingespart werden können und 3 Mrd. m^3 durch Änderung der Fruchtfolge, d.h. durch Reduktion des Anteils wasseraufwendiger Kulturen zu Gunsten von Kulturen mit einem geringeren Wasserverbrauch.

Bei dem in Tabelle 3 aufgelisteten Wasserdargebot aus der Wiedernutzung des landwirtschaftlichen Dränwassers und des Grundwassers aus dem Niltal und Nildelta handelt es sich nicht wirklich um ein zusätzliches Wasserdargebot, da dieses Wasser, wie oben schon angedeutet, dem Nilwasserabfluss entstammt und ausschließlich durch diesen gespeist wird. Die Wiedernutzung bereits gebrauchten Wassers ist eine wichtige Maßnahme zur Erhöhung der Wassernutzungseffizienz innerhalb eines Wassereinzugsgebietes, und daher unter den derzeitigen Bedingungen durchaus erstrebenswert. Die Einbeziehung dieses wiedergenutzten Wassers in die Wasserbilanz ist jedoch problematisch, da dies ein Wasserdargebot vortäuscht, das in Wirklichkeit nicht oder nur bedingt vorhanden ist.

Das Entwässerungswasser wird in Ägypten derzeit als eine zusätzliche Wasserressource angesehen und geht, wie oben aufgezeigt, als solche auch in die wasserwirtschaftliche Planung ein. Es wurden in der Vergangenheit erhebliche Investitionen getätigt um das Entwässerungswasser dem Zuleitersystem zuzuführen und es mit Nilwasser zu vermischen. Die Frage die sich hier stellt, ist die Frage der Nachhaltigkeit. Es ist davon auszugehen, dass mit einer Verbesserung des Wassermanagements, mit der effizienteren Gestaltung der Wasserzuleitung und –verteilung, der Anwendung moderner Bewässerungstechniken, der Umstellung auf wassereffiziente Fruchtfolgen, die Ausweitung des Agrarwirtschaftsraumes in die Wüstengebiete (Toshka, Sinai etc.) das Entwässerungswasseraufkommen abnehmen und die Salz- sowie die Schadstoffbefrachtung zunehmen wird. Da eine Aufbereitung des hochbelasteten Wassers aus Kostengründen nicht möglich ist, wird zunehmend weniger Entwässerungswasser einer Wiedernutzung zugeführt werden können. Mit steigendem Salzgehalt des zur Wiederverwendung gewonnen Wassers steigt zudem der Auswaschungsbedarf sowie die zu applizierende Wassermenge und damit wiederum die Entwässerungswassermenge und die Kosten für die Abführung des Entwässerungswassers. Die derzeitige Betrachtungsweise der Wiedernutzung des Dränwassers wird sich ändern müssen, das heißt man wird versuchen müssen, das Entwässerungswasseraufkommen weiter zu reduzieren anstatt das Entwässerungswasser einer Wiedernutzung zuzuführen. Selbst die derzeitige Wiederverwendung ist wirtschaftlich und ökologisch problematisch, da sie mit relativ hohen Kosten und hohem Energieaufwand verbunden ist.

Tabelle 3. Wasserdargebot Ägyptens im Jahr 2017 nach Annahmen des Ministry of Water Resources and Irrigation (NWRP Project, 1999)

Wasserbedarf		Wasserdargebot	
Nutzungssektor	Mrd. m³/Jahr	Wasserressource	Mrd. m³/Jahr
Landwirtschaft	67,13	Nil (einschl. Jonglei)	57,50
Evaporationsverluste im System	2,30	Grundwasser aus dem Nil-Aquifer	7,50
Kommunen	6,60	Wiedernutzung des landw. Dränwassers	8,40
Industrie	10,56	Wassereinsparungen: durch Änderung der Fruchtfolge durch Verbesserung der Bewässerung	3,00
			4,00
Schifffahrt	0,15	Grundwasser der Wüstengebiete und Sinai	3,77
		Abwasserverwertung	2,00
		Rainfall/flash flood harvesting	1,50
Gesamt:	86,74	Gesamt:	87,67

Die obige Strategie enthält sowohl Elemente des Bereitstellungs-Managements (Supply-Management) wie auch des Nachfrage-Managements (Demand-Management), wobei ersteres deutlich überwiegt. Die Strategie geht nach wie vor von einer Extension des Agrarwirtschaftsraumes aus und hinterfragt nicht dessen wasserwirtschaftliche und volkswirtschaftliche Sinnhaftigkeit. Insgesamt ist die Wasserpolitik der ägyptischen Regierung nach wie vor auf die Bereitstellung zusätzlicher Wassermengen fixiert. Demgegenüber erfahren Probleme der Wasserqualität, der Umweltqualität nur relativ geringe Aufmerksamkeit. Die derzeitige Wasserpolitik widmet den sozio-ökonomischen Erfordernissen wie auch den Umweltwirkungen ihrer Entscheidungen und einem in die Zukunft gerichteten Nachfrage-Management nur unzureichende Beachtung. Auch ist die vorgenommene Bilanzierung in sich nicht ganz schlüssig. So wird im Inception Report des National Water Resource Plan for Egypt (NWRP Project, 1999) bemängelt, dass die Schätzung der Wassernachfrage der nichtagrarischen Sektoren einer gründlichen Analyse entbehren. Ferner heißt es in diesem Bericht u.a.

Due to the use of gross water demand and supply values in the water balance, there is a risk of double counting, for example by adding water savings by irrigation improvement, cropping pattern changes and drainage and ground water reuse.

Die Wasserpolitik Ägyptens bedarf einer grundsätzlichen Überprüfung und einer Ausrichtung auf die Erfordernisse der Zukunft. Es ist zu hoffen, dass das von den Niederlanden unterstützte NWRP Project und die Bemühungen der von USAID geförderten APRP-RDI Unit der ägyptischen Regierung helfen, zu einer grundsätzlichen Neuausrichtung ihrer Wasserpolitik zu gelangen.

Ansätze für eine grundsätzliche neue Ausrichtung der Formulierung der ägyptischen Wasserpolitik wurden in jüngster Zeit sichtbar. So wird im Country Paper zur 7. Nile 2000 Conference von einem Paradigmenwechsel in der Wasserpolitik gesprochen. U.a. heißt es in diesem Papier:

Dynamic interrelationships among water resources systems components impose the integrated approach on policy makers. Past experience shows that when an action or a strategy is planned and implemented in isolation from other system components, disruptive impacts are perceived. Using the ecological, social and economic systems as boundary conditions for the water resources system is an obsolete assumption. A multidisciplinary dialogue has to be adopted in the policy formulation process. Development of a long-term national policy means extended planning horizon and wide spatial coverage that leads to high uncertainty. Therefore, uncertainty has to be explicitly considered in the policy formulation rather than just being ignored. Conducting a deterministic analysis rather stochastic one should be disengaged. Increasing environmental awareness and quality deterioration of the limited fresh resources necessitate the replacement of water quantity management by quantity and quality management. Public and stakeholder participation in water resources planning and management is dictated through privatization and progressing role of the NGO's. Transparency of the policy formulation process and general public approval are the key elements to achieve the policy objectives.

Das Oberziel der ägyptischen Wasserpolitik ist nach Ammer (1999) „to utilize the available conventional and non-conventional water resources to meet the socio-economic and environmental needs of the country“. Die vom MWRI formulierte Wasserpolitik ist auf die folgenden Ziele ausgerichtet:

- Shift the management from the supply-oriented approach to the integrated approach that considers both supply and demand sides of the equation.
- Demand management that requires improving water use efficiencies.
- Developing new water resources through increasing Egypt's share in the Nile water through water conservation projects in the Upper Nile, harvesting rainfall, and desalinating brackish groundwater of 3,000 – 12,000 ppm salinity.
- Environmental protection of water resources.

Das Irrigation Improvement Project (IIP), das auf eine Verbesserung des ägyptischen Bewässerungssystems abzielt, den Bewässerungslandwirten eine wassersparende Bewässerung und Einkommensverbesserungen ermöglichen soll, wird als das Kernstück der Wasserpolitik des 21. Jahrhunderts angesehen. Es soll zugleich den Einstieg in das Nachfragemanagement (demand management) ermöglichen. Ein weiterer wichtiger Aspekt der künftigen Wasserpolitik stellt, neben der Sicherstellung der Nachhaltigkeit der ägyptischen Bewässerungslandwirtschaft, die Optimierung der Nutzung der verfügbaren Wasserressourcen dar. Dabei geht es darum, die Wasserverluste zu minimieren und den Gewinn pro Einheit Wasser zu maximieren. Folgende Strategien sollen künftig verfolgt werden:

A. Optimal use of available resources

(1) Reducing water losses

- Using pipes or lined ditches in the new reclaimed areas, which have high porosity to reduce infiltration.
- Developing the integrated use of surface and ground water to reduce losses of conveyance including evaporation.
- Calibration of all hydraulic structures erected on the River Nile and canals.
- Updating the utilizing modern methods of weed control to improve the efficiency of conveyance and reduce evaporation losses.
- Improvement of the Nile River navigation path and facilities to reduce, or eliminate, the amount of water released for that purpose during the winter period.

(2) Irrigation improvement projects

- improvement of water use efficiency at mesqa and farm level
- water user participation in operation, maintenance and management of irrigation system

(3) Set up of a cost recovery system in which water users pay for the services of water distribution and network maintenance. Since the subject is highly sensitive, the introduction is planned step by step.

(4) Changing the cropping pattern to save water

The most important proposed strategies are:

- Replacement of some areas of sugar cane by sugar beet will be done gradually due to the need of replacing the sugar cane factories by factories of the later.
- Reducing the rice areas to be 700,000 feddans, which is the minimum limit for protecting the Delta from sea water intrusion.

- Decreasing the gap between the net return from winter and summer cultivation.
- Defining a cropping pattern for each region according to its climatic conditions, soil type and water quantities and penalizing offenders.

B: Groundwater development strategies

(1) Renewable aquifer underlying the Nile Valley and Delta

the strategy depends on the conjunctive use of Nile surface and groundwater through:

- Utilizing the aquifer as a storage reservoir, used to supplement surface water supply during peak periods and recharged during the minimum demand period.
- Use of modern irrigation methods in the new lands (sprinkler and trickle) that uses groundwater as the source of water to prevent water logging and keep the groundwater table far from the root zone.
- Use vertical wells drainage systems in Upper Egypt to prevent the groundwater table from reaching the root zone avoiding water logging and increasing productivity.
- Groundwater could be used as a source of water for artificial fish fields as it has consistent and steady temperature and good quality.
- Augment the canal water supply by pumping groundwater pumped from low capacity private wells at tail ends of long mesqas where water shortage is experienced.

(2) Groundwater aquifers in the Western Desert and Sinai

- Use modern technologies for determining the main characteristics of each aquifer, as basic criteria for selection of most suitable projects.
- New small communities (2,000 to 5,000 feddan) in the desert areas should be designed to utilize all the available natural resources through integrated planing.
- Use of non-conventional sources of energy (solar and wind energy) to minimize the cost of pumping.
- Use of the new technologies for farm irrigation in desert areas to minimize field losses especially deep percolation due to the high porosity of such soils.

C: Reuse of agricultural drainage water

- Increase the amount of drainage water reuse
- Improve the quality of drainage water
- Implementing an integrated information system for water quality monitoring in drains
- Monitoring and evaluation of the environmental impacts due to the implementation drainage water reuse policy

D: Reuse of sewage water

- Increase the use of secondarily treated wastewater
- Limit the use of treated wastewater to irrigation of non-food crops
- Separate sewage and industrial wastewater collection

E: Surface water resource development

- Upper Nile projects
- Desalination of brackish water
- Harvesting of rainfall and flash floods water

F. Water quality management

- Industrial sector
- Domestic wastewater
- Agricultural sector
- Navigation

Die obigen Strategien lassen noch keinen eindeutigen Paradigmenwechsel erkennen. Er wird jedoch kommen müssen, wenn sich Ägypten den Herausforderungen der dramatischen Wasserverknappung in den kommenden Jahrzehnten stellen will. Im Strategiepapier des MWRI werden allerdings schon Andeutungen gemacht, die auf eine Änderung der Wasserpolitik hinweisen. So wird auf die wasserwirtschaftlichen Grenzen der Landerschließung in den Wüstengebieten hingewiesen.

Vom Agriculture Policy Reform Program, das von USAID gefördert wird, wurde die folgende ***Vision through the year 2003*** entwickelt:

The Government of Egypt, with stakeholder participation, will develop clear policy objectives and priorities and implement policies to (1) increase production and income from Egypt's water resources; (2) improve water use efficiency, and (3) safeguard and improve water quality.

Der Verwirklichung obiger Vision stehen nach Auffassung der Autoren einige Widerstände entgegen, es sind dies

- die Begrenzung verfügbarer Wasserressourcen;
- die Begrenzung verfügbarer und zu mobilisierender personeller und finanzieller Ressourcen;
- geringe öffentliche Wahrnehmung der kritischen Wassersituation.

Herausforderungen der Bewässerungslandwirtschaft

Die ägyptische Landwirtschaft ist mit über 80% der größte Wasserverbraucher des Landes. Da die Wertschöpfung pro Einheit Wasser in allen anderen Sektoren der ägyptischen Volkswirtschaft wesentlich höher ist als in der Landwirtschaft, wird die Landwirtschaft in Zukunft gezwungen sein, mehr und mehr Wasser an die anderen Sektoren abzugeben. Andererseits wird von ihr erwartet, dass sie einen entscheidenden Beitrag zur Nahrungsmittelversorgung leistet. D. h. sie soll mit weniger Wasser mehr produzieren. Da der Wert des Wassers mit der Verknappung steigen wird, wird die Landwirtschaft in Zukunft gezwungen sein, eine höhere Wertschöpfung pro eingesetzter Wassermenge zu erzielen. Es ist durchaus denkbar, dass der Maßstab der Leistung der Landwirtschaft künftig nicht mehr die Ertragsleistung pro Flächeneinheit sondern die Ertragsleistung pro Einheit eingesetzter Wassermenge darstellen wird.

Die Landwirtschaft und die nachgelagerte Industrie tragen durch ihrer verschiedenen Aktivitäten zur stofflichen Befrachtung der Wasserressourcen bei. Bei übermäßiger Befrachtung wird Wasser für die Nutzung unbrauchbar. D.h. vor allem die Befrachtung der Gewässer mit Schadstoffen führt zu einer Minderung des nutzbaren Wasserdargebotes. Eine Entwicklung die sich Ägypten, angesichts immer knapper werdender Wasserressourcen, nicht leisten kann. Die Landwirtschaft ist daher gefordert, ihren Beitrag zur Reinhaltung der Gewässer zu leisten.

Es zeichnet sich bereits heute ab, dass das MWRI weder finanziell noch organisatorisch langfristig in der Lage ist, das Bewässerungssystem bis hin zur Mesqa-Ebene den Ansprüchen der Bewässerungslandwirtschaft entsprechend zu managen und zu finanzieren. Die ägyptischen Bewässerungslandwirte müssen sich daher in das Management des Bewässerungssystems einbringen. Sie müssen Managementaufgaben selbst übernehmen und/oder ihre Ansprüche anmelden. Sie werden wesentlich stärker als bisher gemeinschaftlich handeln müssen. Mittelfristig wird der Staat nicht mehr in der Lage sein, den Betrieb des Be- und Entwässerungssystems aus dem Staatshaushalt zu finanzieren. Die Bewässerungslandwirte müssen sich daher darauf einstellen, dass sie sich an den Kosten in einem erheblichem Umfang beteiligen müssen.

Das Bewusstsein Verantwortung zu tragen für einen schonenden Umgang mit den Wasserressourcen und deren Schutz vor qualitätsmindernden Befruchtungen ist unter den ägyptischen Landwirten, wie in der ägyptischen Bevölkerung, generell noch sehr schwach ausgeprägt. Unter dem Zwang der zunehmenden Wasserverknappung beginnt das MWRI derzeit den Gesetzen und Verordnungen zum Schutz der Gewässer Geltung zu verschaffen. Die Landwirte werden künftig gezwungen sein, die gesetzlichen Vorschriften zu befolgen und ihr Handeln darauf einzustellen.

Die ägyptische Agrarpolitik ist derzeit in erster Linie noch fast ausschließlich auf eine Erhöhung der Agrarproduktion und die Sicherung der Nahrungsmittelversorgung ausgerichtet. Die Effizienzsteigerung in der Wassernutzung ist aber durchaus auch ein vorrangiges Ziel des Ministry of Agriculture and Land Reclamation (MALR). Im Strategiepapier des MALR für den Zeitraum 1997/98 bis 2016/17 wird unter den 14 „pillars of the strategy“ als Punkt 8 genannt:

Place more emphasis on irrigation, water use efficiency and agricultural soil improvement and maintenance projects. The executive Authority for Land Improvement Projects (EALIP) assumes to perform extra services such as agricultural gypsum addition, deep plowing, laser land levelling and tiled drainage.

Eine Effizienzsteigerung der Wassernutzung fördert das MALR allerdings vor allem unter dem Gesichtspunkt, Wasser für die Ausweitung des Agrarwirtschaftsraumes in die Wüstengebiete zu gewinnen. Die kulturpflanzen-spezifische Steuerung, mit deren Hilfe mehr pro Einheit Wasser produziert werden könnte, ist z.Zt. noch kein vorrangiges Thema, wird es mit der zunehmenden Wasserverknappung aber werden müssen. D.h. die Landwirte müssen lernen, ihre Kulturpflanzenbestände bedarfsgerecht im Verlauf der Wachstumsperiode mit Wasser zu versorgen. Sie müssen sich verabschieden von der bisherigen Praxis: „viel hilft viel“.

Zusammenfassung

Das Wasserdargebot Ägyptens ist im wesentlichen auf den Nilabfluss begrenzt. Auf der Grundlage eines zwischenstaatlichen Übereinkommens mit dem Sudan stehen Ägypten jährlich 55,5 Mrd. m³ Nilwasser zur Verfügung. Bedingt durch den Bevölkerungsanstieg auf nunmehr 69 Mio. liegt das Pro-Kopf-Wasserdargebot mit ca. 800 m³/a unter dem international gebräuchlichen Grenzwert von 1.000 m³/a. Tendenz weiter fallend. Die Versuche der ägyptischen Regierung auf diese bedrohliche Situation mit Hilfe ihrer Wasserpolitik zu reagieren werden dargestellt. Dabei wird deutlich, dass in Ägypten noch immer bevorzugt Instrumente des Wasserbereitstellungs-

managements angewandt werden. Eine Neuorientierung der ägyptischen Wasserpolitik auf ein Nachfragemanagement zeichnet sich ab. Auf die Landwirtschaft, dem derzeit größten Wasserverbraucher des Landes, kommen große Herausforderungen zu. Von den Landwirten wird erwartet, das sie mehr mit weniger Wasser produzieren.

Summary

Egypt's main and almost exclusive resource of fresh water is the Nile River. Egypt relies on the available water storage of Lake Nasser to sustain its annual share of Nile water that is fixed at 55.5 billion m³ annually by agreement between Egypt and Sudan in 1959. Due to the increase of population the per capita available water resources dropped during recent years below 1.000 m³/capita/year. By international standards Egypt is therefore considered a water scarce country. At present the availability of fresh water resources amounts to 800 m³ per capita and year. The decline goes on as the population increases. With the population reaching 117 Mio. in 2025 there will be only 470 m³ per capita and year available. The paper shows how the Government of Egypt tries to react by its water policy and related management measures to this situation. Egypt's water policy is still very much supply oriented. A new orientation or shift towards a policy of demand management becomes visible. Irrigated agriculture, the sector which uses presently more than 80% of the available water, will be faced by big challenges in the years to come. Farmers are asked to produce more with less water.

Literatur

Ammer, M.H., 1999: Egypt's Water Vision for the 21st Century.- Paper prepared for The World Water Vision – Water for Food, Contribution of Experts in Bari, Italy, May 27 – 29, 1999. Ministry of Public Works and Water Resources, Cairo/Egypt

Attia, B.B. et al., 1997: A study on Developing a revised, integrated land and water plan (Tranche III. Benchmark III.A.) APRP-RDI Unit Report No. 24

Bayoumi et al., 1997: A study on developing a revised, integrated land and water plan.- APRP-DRI United Report no. 24.

Egypt State Information Service, 1997: Egypt in the 21st Century – Vision 2017.- Egypt State Information Service Web Site.

MPWWR, 1999: Egypt's Water Policy for the 21st Century. 7th Nile 2002 Conference. Cairo, March 15 – 19, 1999.

National Water Resource Plan Project (NWRP), 1999: National Water Resources Plan for Egypt, Inception Report.- MPWWR, Cairo and Ministry of Foreign Affairs, the Netherlands – Directorate General for International Cooperation, Den Haag

Radwan, L.S., 1997: Farmer response to inefficiencies in the supply and distribution of irrigation requirements in Delta Egypt.- The Geographical Journal Vol. 163 (No. 1), 78 – 92.

Samaha, M. A.; Abu-Zaid, M.. 1980: Strategy for Irrigation Development in Egypt up to the Year 2000.- Water Supply & Management 4, 139 – 146

Seckler, D. et al., 1998: World water demand and supply. 1990 – 2025: scenarios and issues.- Research Report No. 19.- International Water Management Institute, Colombo/Sri Lanka.

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. Peter Wolff, Heiligenstädter Weg 5
D-37213 Witzhausen, Germany

Effect of Different Nitrogen Sources and Rates on Potato Growth, Nutrients Uptake, Yield and Resistance to some Diseases

Fatma S. El-Shafie¹ and E. M. Moussa²

¹ Soil Science Department

² Agric. Botany Department

Faculty of Agriculture, Minufiya University

Shibin El-Kom, Egypt

Abstract

Two field experiments were conducted to study the effect of N sources as ammonium sulphate (AS), ammonium nitrate (AN) and the combination of AS with either AN or CaN (calcium nitrate) at the rates of 0, 60, 120, 180 or 240 kg N per feddan on potato growth, nutrients uptake, tuber yield and its quality as well as plant resistance to some fungal and bacterial diseases. Adding nitrogen to potato plants as AS in both 1st and 2nd doses followed with AN in 3rd dose was more convenient and had a stimulatory effect on dry weight of leaves and stems per plant, tuber yield as well as tuber quality. Tuber yield significantly increased by split application of a total N rate of 120 and/or 180 kg / fed. At 120 and / or 180 kg N / fed. treatments, nitrate concentration tended to decrease in potato tuber (> 200 mg / kg). Addition of nitrogen at the higher rate (240 kg / N) significantly increased the fungal and bacterial diseases.

Introduction

Potato is one of the most important vegetable crops grown in Egypt for both local consumption and exportation (El-Sayed, 1998). Thus, improving potato crop production and using the most suitable culture practices could increase yield of the crop and solve some problems facing potato production and exportation. Supplying nitrogen to potato plants is most important for tuber yield production. Potato yield have been increased by splitting N application (Abo-Sedera and Shehata, 1994 and Arisha, 1994). In this respect, Satyanarayan and Arora (1985) found that potato plants given 150 kg N resulted in higher tuber yield.

The most important sources of N for fertilization in Egypt are ammonium sulphate and ammonium nitrate. Both NO_3^- and NH_4^+ forms of nitrogen can be taken up by plants (Mengel and Kirkby, 1987). Many plants accumulate nitrate in their roots and above – ground parts, when uptake exceeds metabolic needs. The accumulation of nitrate depends upon many environmental factors e.g. amount and source of nitrogen application (Pate, 1980; Carman and Esther, 1988 and Blom-Zandstra, 1989). In this connection, Corre and Breimer (1979) stated that the permitted residue limit of nitrate concentration in potato tuber was less than 200 mg per kg. Potato diseases infection dramatically increase when excess of nitrogen was used (Cullen and Andrews, 1984 and El-Sayed, 1998).

The objectives of this study were to elucidate the effect of different nitrogen sources and their rates on potato growth, nutrients uptake, tuber yield, and its quality as well as diseases susceptibility of potato.

Materials and Methods

Two field experiments were undertaken during 1997 and 1998 at the Agricultural Experimental Farm, Faculty of Agriculture, Minufiya University. Some physical and chemical characteristics of the alluvial soil under study were determined as described by Chapman and Pratt (1961) as shown in Table (1).

Table 1: Some physical and chemical characteristics of the experimental soil

Property	Value	Property	Value
Mechanical analysis:		Soluble ions (meq 100 g⁻¹):	
Coarse sand, %	2.2	Ca ²⁺	0.80
Fine sand, %	17.3	Mg ²⁺	0.45
Silt, %	25.6	Na ⁺	1.50
Clay, %	54.9	K ⁺	0.32
Texture class	clayey	HCO ₃ ⁻ + CO ₃ ⁼	1.20
Chemical analysis:		Cl ⁻	0.41
OM, %	1.98	SO ₄ ⁼	1.51
pH (1 : 2.5 soil/water sus.)	7.97	Total N, %	0.12
EC (ds / m)	0.62	Available P, ppm	99.00

Tubers of potato cv. Diamond were sown on February 25th, 1997 and February 15th, 1998. Plot area was 17.5 m², each consisted of 5 rows (5 m in length × 70 cm width). Sowing distance was 25 cm. The outermost rows of each side were considered as guard rows, meanwhile, the 3 inner rows were used for collecting the experimental data. Moreover, the units were separated from each other by not less than 80 cm to reduce fertilizers overlapping as possible.

Two nitrogen sources were tested i.e. ammonium sulphate (20.5% N), ammonium nitrate (33% N) and the combination of AS with either AN or CaN (calcium nitrate). The amounts of each nitrogen fertilizer were applied in three equal portions as soil application. The first dose was applied at the first irrigation, while the second and third doses were added on 15 and 30 days after the first dose as shown in Table (2). Five rates of nitrogen fertilizer were applied i.e., 0, 60, 120, 180 and 240 kg N per feddan.

Table 2: Time of schedule of the various nitrogen fertilizations

N sources	1 st dose (at the 1st irrigation)	2 nd dose (15 days after 1 st dose)	3 rd dose (15 days after 2 nd dose)
Ammonium Sulphate (AS)	AS	AS	AS
Ammonium Nitrate (AN)	AN	AN	AN
AS + AN	AS	AS	AN
AS + Calcium Nitrate (CaN)	AS	AS	CaN

A split plot design with three replicates was adopted. Splitting nitrogen sources were allocated randomly to main plots, while the nitrogen levels were randomly assigned to the subplots. In addition to nitrogen fertilizer, each treatment received 300 kg / feddan calcium superphosphate (15.5% P_2O_5) and 200 kg / feddan potassium sulphate (48% K_2O). The superphosphate was totally applied preseeding (during soil preparation), whereas potassium sulphate was added on the same days of nitrogen fertilization in 3 equal doses.

Plant samples were taken after 65 days from sowing, washed, air dried and divided into two parts. The first part was dried at 105°C for dry matter determination. The second one was dried at 70°C for chemical analysis, thoroughly ground and ash by wet digestion, according to Jackson (1958). Total N was determined after Jackson (1958). Total P and K were determined as described by Chapman and Pratt (1961).

Nitrogen use efficiency (NUE), represented by kg DM produced per kg N applied was calculated according to Guillard *et al.* (1995) as follows: (yield at N_x - yield at N_o) / applied N at N_x .

Where, N_x = N fertilized soil, and N_o = unfertilized soil (control).

At harvest time, the tubers were collected and total tuber yield per feddan was determined. Nitrogen concentration in tubers was estimated using semi micro-kjeldahl method as described by (Jackson, 1958) and protein by multiplying N% \times 6.25. Nitrate concentration in tubers was estimated using xylenol method according to Balrs and Reekers (1960). Starch content was determined according to A.O.A.C. (1975). Dry matter percent in tubers was determined. Samples of 30 tubers per treatment were stored at room temperature (22 - 26°C) for 4 weeks. The percentage of fungal and bacterial disease incidence was estimated. Data were subjected to statistical analysis of variance according to Gomez and Gomez (1983).

Results and Discussion

1. Dry matter yield: Dry matter yield of potato leaves and stems was significantly increased by different nitrogen sources and rates (Table 3). No significant differences were found among AS, AN and AS plus AN. Meanwhile, it was significantly decreased in case of AS in combination with CaN. The stem dry matter did not express significant differences in response to nitrogen fertilization as AS and AN. Meanwhile, it was significantly decreased by application of AS plus CaN comparing with the other nitrogen forms. The increase in potato dry matter by application of AS plus AN may be due to the increase in NUE in this treatment (Table 7). In this concern, Drouinau and Blanc (1961) found that the addition of NH_4^+ -N to NO_3^- -N resulted in highest growth rates.

Increasing the rate of N fertilization progressively increased the dry matter in both leaves and stems. However, no significant differences were detected among the various rates of N application in respecting with dry matter of potato leaves. On the contrary, level of N fertilization significantly increased the stem dry matter. At the rate of 180 kg N / fed. resulted in the greatest yield of dry matter. The excess of N fertilizer to 240 kg N / fed. depressed the dry matter yield as compared to application of 180 kg N / fed. The interaction between the nitrogen sources and nitrogen rates had a significant effect on dry matter. Supplementation potato with AS plus AN at the rate of 180 kg N/fed. yielded the greatest dry matter in both leaves and stems. Similar results were obtained by Vos and Biemond (1992) and Arisha (1994).

Table 3: Effect of nitrogen sources and rates on dry matter of potato leaves and stems (g / plant) after 65 days from sowing (1998 season)

N sources	AS	AN	AS + AN	AS + CaN	Mean
N rates	Dry matter in leaves g / plant				
0 kg/fed.	15.9	15.8	15.2	16.0	15.7
60 kg/fed.	24.2	24.2	26.1	22.0	24.1
120 kg/fed.	24.5	25.4	27.2	23.2	25.1
180 kg/fed.	28.3	28.4	28.6	24.5	27.5
240 kg/fed.	25.2	25.6	25.5	23.6	25.0
Mean	23.6	23.9	24.5	21.9	—
	Dry matter in stems g / plant				
0 kg/fed.	11.0	11.4	12.2	11.5	11.5
60 kg/fed.	16.2	18.2	18.8	14.8	17.0
120 kg/fed.	18.9	18.1	21.9	17.8	19.2
180 kg/fed.	23.6	23.2	24.2	19.5	22.6
240 kg/fed.	17.7	19.9	17.2	16.2	17.8
Mean	17.5	18.2	18.9	16.0	—

L.S.D. 5%	N sources	N rates	Rates × source
Leaves	1.6	6.4	9.2
Stems	1.4	5.2	7.6

The increase in plant growth may be attributed to the beneficial effects of N on stimulating meristematic activity for producing more tissues and organs, since N plays major roles in the synthesis of structural proteins and other several macromolecules, in addition to its vital contribution in several biochemical processes in the plant related to growth (Marschner, 1986).

2. Plant minerals content: Data in Table (4) show that N, P and K percentages and uptake in potato leaves and stems were increased when potato supplied with AS plus AN as compared with other N sources. On the contrary the nitrogen applied with AS plus CaN gave the lowest value. Higher N uptake rates were observed by Blondel and Blanc (1973) when both N forms ($\text{NH}_4\text{-N}$ and $\text{NO}_3\text{-N}$) were applied to soil. This observation is consistent with earlier reports of Drouineau and Blanc (1961). This beneficial effect of $\text{NH}_4\text{-N}$ in combination with $\text{NO}_3\text{-N}$ on growth may be due to reduction of NO_3^- to NH_4^+ which requires energy. It may be supposed that by supplying NH_4^+ energy is conserved and diverted to other metabolic processes including ion uptake and growth. Similar results were reported by Rao and Rains (1976).

With regard to the effect of N rates on N, P and K contents in both potato leaves and stems increased with increasing N rates, however, their values in stems were less than in leaves. Moreover, nitrogen application increased the total nitrogen uptake in both leaves and stems owing to the increase in dry matter. These findings are in good agreement with those obtained by Arisha (1994) and Guillard *et al.* (1995).

3. Tubers yield: Data in Table (5) clearly appears that, there were no significant differences in potato yield among AS, AN and AS plus AN in the first season. Fertilization of potato with AS plus CaN gave the inferior yield and the depression was significant in comparing with the other N forms. With regard to the effect of nitrogen rates on the potato yield, it is evident from Table (5) that the potato yield was increased by increasing nitrogen rates until 180 kg N / feddan in both seasons. The interaction between the effect of nitrogen forms and N rates, the application of AS plus AN at the rate of 180 kg N / fed. gave the highest tuber yield.

Table 5: Effect of different nitrogen sources and rates on tubers yield of potatoes (Ton / fed.)

N sources	AS	AN	AS + AN	AS + CaN	Mean
N rates	1997 season				
0 kg/fed.	5.40	5.40	5.40	5.40	5.4
60 kg/fed.	9.10	8.90	9.40	8.10	8.9
120 kg/fed.	10.10	10.0	10.5	9.8	10.1
180 kg/fed.	10.8	10.2	10.9	10.0	10.5
240 kg/fed.	10.3	10.0	10.3	9.8	10.1
Mean	9.14	8.90	9.30	8.62	—
	1998 season				
0 kg/fed.	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6
60 kg/fed.	10.0	9.8	10.9	10.0	10.2
120 kg/fed.	11.3	10.9	11.3	10.5	11.0
180 kg/fed.	11.7	11.5	12.1	10.9	11.6
240 kg/fed.	9.2	9.0	9.1	8.5	9.0
Mean	9.8	9.6	10.0	9.3	—

L.S.D. 5%	N sources	N rates	Rates × source
1997	0.65	3.80	4.50
1998	0.35	3.50	5.50

The increment in yield was combined with a substantial increase in both protein and starch contents in tuber (Table 6). It may be also due to the increase in plant growth as a consequence of increasing nitrogen rate. The yield is a function of physiological plant growth, consequently, increasing the translocation and accumulation of carbohydrates to tubers. These results are in accordance with those obtained by Khalil (1990) and Arisha (1994), Abo-Sedera and Shehata (1994).

4. Tubers quality: It is obvious from Table (6) that dry matter, starch and protein contents of potato tubers were increased by adding AS in combination with AN as compared to other nitrogen sources. Meanwhile, the application of nitrogen as AS plus CaN gave the minimum values.

Data in Table (6) reveal that, the increasing N rates led to increase in starch and protein yields of tubers until 180 kg N / feddan. Meanwhile, the supplementation of nitrogen to potato plants at the higher rates decreased the starch and protein contents. These results are in agreement with those obtained by Anand and Krishnappa (1992) and Arisha (1994).

The nitrate concentration in potato tubers was not significantly affected by different nitrogen sources. The application of nitrogen rates until 180 kg N / feddan gave the lower NO₃ than 200 mg / kg. On the contrary, the high rate of N (240 kg N) gave the higher NO₃ than 200 mg / kg. In this concern, Custic *et al.* (1994) stated that increased N levels led to an increase in nitrate content of the crop tissues without significant increase in yield. The permitted residue limit of nitrate in potato tuber was 200 mg / kg (Carter and Bosma, 1974; Corre and Breimer, 1979 and Blom-Zondstra, 1989).

5. Nitrogen use efficiency: It is clear from Table (7) that the NUE decreased gradually as the rate of the nitrogen fertilizer increased. Adding nitrogen as AS in combination with AN improved the NUE as compared with other nitrogen forms. At rates > 60 kg N / feddan, NUE values were decreased. These results are in accordance with those obtained by Varvel and Pterson (1990) and Gurillard *et al.* (1995).

Table 6: Effect of different nitrogen sources and rates on tuber quality of potato, (1998 season)

Characters	Dry matter %	Starch		Protein		NO ₃ ppm
N-Sources		%	kg/fed.	%	kg/fed.	
AS	23.5	17.60	1725	8.13	796	95
AN	24.9	17.21	1657	8.00	768	117
AS + AN	25.4	18.00	1800	8.25	825	104
AS + CaN	21.8	15.60	1451	7.88	733	96
L.S.D. 5%	1.2	1.35	152	0.20	62	N.S.
N levels						
0 kg/fed.	20.8	17.6	1162	5.00	330	40
60 kg/fed.	25.2	18.0	1836	7.06	724	100
120 kg/fed.	24.9	18.5	2079	8.44	924	131
180 kg/fed.	25.2	18.9	2192	9.69	1125	165
240 kg/fed.	23.5	17.0	1530	11.75	1062	210
L.S.D. 5%	1.3	1.0	560	2.36	680	25.0

Table 7: Effect of nitrogen sources and rates on nitrogen use efficiency in potato plants (1998 season)

N-sources N-rates	AS	AN	AS + AN	AS + CaN	Mean
0 kg/fed.	—	—	—	—	—
60 kg/fed.	56.7	53.3	71.7	56.7	59.6
120 kg/fed.	39.2	35.8	39.2	32.5	36.7
180 kg/fed.	28.3	27.2	30.6	23.9	27.0
240 kg/fed.	10.8	10.0	10.4	7.9	9.8
Mean	33.8	31.6	38.0	30.3	

6. Potato diseases: The application of different sources and rates of nitrogen were studied to illustrate their effects on control of fungal and bacterial diseases (Table 8). The application of AS led to a significant decrease in most potato diseases incidence (soft rot, black leg, late blight and dry rot) as compared with other nitrogen forms. Meanwhile, brown rot disease showed a positive correlation with the adding of nitrogen as AS in combination with CaN.

The application of nitrogen at higher rate (240 kg N / fed.) led to an increase in most potato diseases incidence, this may be due to the presence of high nitrogen level causes depression in secondary toxic metabolites produced by many antagonists (Turner, 1971). Increasing the nitrogen rate in soil, also led to increase numbers of saprophytic bacteria which compete with antagonists for oxygen space, consequently reduce the effect of these antagonists (Cullen and Andrews, 1984). This also is due to the presence of high N content in plant which makes these plants able to absorb more water as a consequence. The high content of water in tubers leads to increasing susceptibility of tubers to be invaded by different pathogenic bacteria (Robert, 1975).

Generally, adding nitrogen to potato plants as AS in combination with AN seemed to have stimulatory effect for tuber yield and its quality. Application of nitrogen to potato plants at the rate of 180 kg N / fed. led to a good tuber yield and a decrease in nitrate concentration as well as potato diseases.

Table 8: Effect of different nitrogen sources and rates on potato diseases incidence after 4 weeks storage (1998 season)

N-Sources	Brown-rot %	Soft-rot %	Black-leg %	Common-scab %	Late blight %	Dry-rot %
a. Nitrogen sources						
AS	9.0	2.7	4.6	1.80	1.25	7.2
AN	9.1	6.8	9.4	0.00	2.60	7.9
AS + AN	10.7	5.5	5.7	0.78	2.90	9.2
AS + CaN	8.3	4.3	8.9	1.50	1.50	8.8
L.S.D. 5%	2.1	3.4	3.8	0.8	1.0	1.8
b. Nitrogen rates						
0 kg/fed.	7.3	4.3	2.1	0.00	2.60	7.3
60 kg/fed.	7.7	4.4	6.2	0.60	2.73	8.2
120 kg/fed.	8.7	4.9	6.7	0.73	2.90	8.3
180 kg/fed.	9.9	5.2	6.9	0.95	3.00	9.1
240 kg/fed.	10.9	5.9	8.5	1.50	3.50	9.2
L.S.D. 5%	2.8	1.9	5.3	1.2	1.4	2.0

References

- Abo-Sedera, F. A. and S. A. Shehata (1994).** Effect of NK fertilization level and foliar spray with Mn and Mo on growth, yield and chemical composition of potatoes. *Zagazig J. Agric. Res.* 21 (1), 145 - 156.
- Anand, S. and K. S. Krishnappa (1992).** Effect of different levels of N and K on the growth, yield and quality of potato in sandy loam soil. *Mysore J. Agric. Sci.* 22 (4): 483 - 489.
- A.O.A.C. (1975). Official methods of analysis. 12th E.D. association of official agricultural chemists. Washington. D. C. 20044.
- Arisha, H. M. E. (1994).** Effect of nitrogen fertilizer level and its frequent of application on growth, yield and tuber quality of potato under new reclaimed sandy soil. *Zagazig J. Agric. Res.* 21 (3 B): 925 - 934.
- Balrs, R. and I. Reekers (1960).** Nitrate bestimmung in pflanzensubstanz mit 1, 2, 4-xylenol. *Land. Forsch.* 13, 134 - 136.
- Blom-Zandstra, M. (1989).** Nitrate accumulation in vegetables and its relationship to quality. *Ann. Appl. Biol.* 115, 553 - 561.
- Blondel, A. and D. Blanc (1973).** Influence of ammonium ion uptake and reduction in young wheat plants. *C.R. Acad. Sci. (Paris) Ser. D.*, 277, 1325 - 1327.
- Carman, B. and S. Esther (1988).** Nitrate reductase activity and nitrate content under two forms and three levels of nitrogen nutrition in *Lolium perenn* L. *J. Plant Physiol.* 152, 28 - 33.
- Carter, J. N. and S. M. Bosma (1974).** Effect of fertilizer and irrigation on nitrate - nitrogen and total nitrogen in potato tubers. *Agron. J.* 66, 263 - 266.
- Chapman, H. D. and J. F. Pratt (1961).** Methods of analysis for soils plants and waters. University of Calif., Dev. of Agric. Sci.
- Corre, W. J. and I. Breimer (1979).** Nitrate and nitrite in vegetables. Centre for Agricultural Publishing and Documentation (PUDDC). Wageningen. 85 pp.
- Cullen, D. and J. H. Andrews (1984).** Epiphytic microbes as biological control agents. pp. 381 - 399. in *Plant - Microbe Interactions Society*. St. Paul, Minesota, USA.
- Custic, M., M. Poliak and T. Cosic (1994).** Nitrate content in leaf vegetables as related to nitrogen fertilization in Croulia. *Acta Horticulturae*, 371, 407 - 412.
- Drouineau, G. and D. Blanc (1961).** Influence of the nitrogen nutrition on the development and on the metabolism of plants. *Agrochimica*, 5, 49 - 58.
- El-Sayed, A. F. (1998).** Biological control of some potato bacterial diseases. Ph.D., Dept. of Agric. Botany, Faculty of Agric., Minufiya University, Egypt.
- Gomez, K. A. and A. A. Gomez (1983).** Statistical procedures for Agric. Res. 2nd Ed. John wiley and Sons Pub. pp. 139 - 153.
- Guillard, K.; G. F. Griffin; D. W. Allinson; M. M. Rafey; W. R. Yamartino and S. W. Pietrzyk (1995).** Nitrogen utilization of selected cropping systems in the U.S. Northeast: I. Dry matter yield, N uptake, apparent N recovery and N use efficiency. *Agron. J.* 87, 193 - 199.
- Jackson, M. L. (1958).** Soil Chemical Analysis. Constable and Co., Lid., London.

- Khalil, N. A. I. (1990).** The influence of different sources and levels of NPK-fertilizers on the growth, yield and quality of potato plants in sandy soil. *Egypt J. Appl. Sci.*, 5 (7): 879 - 892.
- Marschner, H. (1986).** Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic press. London, New York.
- Mengel, K. and E. A. Kirkby (1987).** Principles of plant Nutrition. 4th Ed., International Potash Institute, Bern: switzerland.
- Pate, J. S. (1980).** Transport and partitioning of nitrogenous solutes. *Annual Review of Plant Physiology*. 31, 313 - 340.
- Rao, K. P. and D. W. Rains (1976).** Nitrate absorption by barley. *Plant Physiol.* 57: 55 – 58.
- Robert, M. D. (1975).** Plant physiology. Pub. by Nostrand Company, 135 West 50th street, New York N. Y. 10020 Third Edition.
- Satyanarayana, V. and P. N. Arora (1985).** Effect of nitrogen and potassium on yield and yield attributes of potato (var. Kutribahar). *Indian J. of Agron.* 30 (3): 292 – 295.
- Turner, W. B. (1971).** Fungal metabolites. Academic Press. London, New York, pp. 446.
- Varvel, G. E. and T. A. Peterson (1990).** Nitrogen fertilizer recovery by corn in monoculture and rotation systems. *Agron. J.* 82: 935 - 938.
- Vos, J. and H. Biemond (1992).** Effect of nitrogen on the development and growth of potato plant. 1. leaf appearance, expansion growth, life spans of leaves and stem branching. *Annals of Botany*, 70 (1): 27 - 35.