

## Effect of Salt Stress on Growth and Mineral Elements Concentrations in Shoot and Root of Maize Plant

Süleyman TABAN<sup>1</sup>Vahap KATKAT<sup>2</sup>

Geliş Tarihi: 01.06.2000

**Abstract:** Effect of soil applied NaCl on shoot and root growth and Na, Cl, N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn and Mn concentrations in shoot and root of the maize plant (*Zea mays* L. cv: RX 947) was investigated. The experiment was arranged in a completely randomized design with four replications under the greenhouse condition. The experimental soil was salinized with NaCl at the rates of 0, 15, 30, 45 and 60 mM kg<sup>-1</sup> NaCl.

Shoot and root growth of the maize plants was inhibited by salinity. Increasing amount of NaCl application decreased the dry weight of shoot and root. Na, Cl and P concentrations in the shoot and root increased with increasing amount of NaCl. While applied NaCl caused to decrease N, Ca and Fe concentrations in the shoot, to increase N, Ca, Mg and Fe concentrations in the root. Zn and Mn concentrations in the shoot and root were increased due to increasing amount of NaCl. Na, P, Mg, Fe, Zn and Mn accumulated in the root in according with applied NaCl.

**Key Words:** Maize, salt, growth of shoot and root, mineral elements, salt stress

### Mısır Bitkisinin Toprak Üstü Aksam ve Kök Gelişimi ile Mineral Madde Konsantrasyonu Üzerine Tuz Stresinin Etkisi

**Özet:** Bu çalışmada, mısır (*Zea mays* L. cv: RX 947) bitkisinin toprak üstü aksam ve kök gelişimi ile toprak üstü aksam ve kökün Na, Cl, N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn ve Mn konsantrasyonu üzerine tuz (NaCl) uygulamasının etkisi araştırılmıştır. Tesadüf parselleri deneme desenine göre sera koşullarında 4 tekrarlamalı olarak yürütülen denemede, topraklara 0, 15, 30, 45 ve 60 mM kg<sup>-1</sup> NaCl uygulanmıştır.

Artan miktarlarda uygulanan NaCl mısır bitkisinin toprak üstü aksam ve kök gelişimini ve toprak üstü aksam ile kök kuru ağırlıklarını azaltmıştır. Toprak üstü aksam ve kökün Na, Cl ve P konsantrasyonları artan miktarlarda uygulanan tuza bağlı olarak artmıştır. Tuz uygulaması mısır bitkisinin toprak üstü aksamında N, Ca ve Fe konsantrasyonlarının azalmasına neden olurken, kökünde N, Ca, Mg ve Fe konsantrasyonlarının artmasına neden olmuştur. Toprak üstü aksam ve kökün Zn ve Mn konsantrasyonları artan miktarlarda uygulanan tuza bağlı olarak artmıştır. NaCl uygulamasıyla Na, P, Mg, Fe, Zn ve Mn kökte akümüle olmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Mısır, toprak üstü aksam ve kök gelişimi, mineral madde, tuz stresi

#### Introduction

NaCl is usually the most injurious and predominant salt in the agricultural soils. Despite the essentiality of chloride as a micronutrient for all higher plants and of sodium as mineral nutrient for many halophytes and some C<sub>4</sub> species the concentrations of both ions in saline substrates by far exceed this demand and lead to toxicity in non-salt-tolerant plants (Marschner, 1995). NaCl-salinity causes to reduce vegetative growth, the rate of photosynthesis (Cusido et al., 1987) and also water availability and nutrient uptake by plants (Pessarakli and Tucker, 1988; Al-Karaki, 1996). Thus excessive uptake of mainly Cl<sup>-</sup> or Na<sup>+</sup> may lead to ionic disturbance of plants. Soil salinity increased P (Yahya, 1998), Mn and Zn (Hasan et al., 1970 a,b; Chavan and Karadge, 1980), and decreased K (Siegel et al., 1980; Cusido et al., 1987), Fe and Cu (Hasan et al., 1970 a,b) concentrations of plants. Shoots are generally more sensitive to cation disturbances than roots and there are great differences among plant species in the ability to prevent or tolerate to excess salt concentrations (Jeschke, 1982; Munns, 1993).

The objective of this work is to determine the effect of NaCl on shoot and root growth and Na, Cl, N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn and Mn concentrations in shoot and root of maize plant.

#### Materials and Methods

The experimental soil is non-calcareous (0.58 % CaCO<sub>3</sub>), clay in texture, slightly alkaline (pH: 7.42, E.C.: 0.148 dS cm<sup>-1</sup>; both in water extract). The soil sample had 82.9 mg kg<sup>-1</sup> exchangeable Na. Water extractable Cl was 9.37 mg kg<sup>-1</sup>. The soil (3000 g) was placed into pots.

In the greenhouse experiment, for basal fertilizers, 100 mg N kg<sup>-1</sup> as ammonium nitrate and 80 mg P kg<sup>-1</sup> as triple super phosphate were applied to the all pots. The soil was salinized with NaCl at the rates of 0, 15, 30, 45 and 60 mM kg<sup>-1</sup> NaCl.

Five maize (*Zea mays* L. cv: RX947) seeds were sown into each pot. After emergence, the plants were

<sup>1</sup> Department of Soil science, Faculty of Agriculture, University of Ankara- Ankara

<sup>2</sup> Department of Soil science, Faculty of Agriculture, University of Uludağ-Bursa

thinned to three. Plants were harvested six weeks after sowing and divided into shoot and root. All plant samples were washed with distilled water, dried and weighed. After grinding, all plant samples were digested with  $\text{HNO}_3\text{:HClO}_4$  acid mixture (4:1) in order to determine P, K, Ca, Na, Mg, Fe, Zn and Mn in the shoots and roots. Nitrogen was determined by a Kjeldahl digestion method, P was determined colorimetrically by vanadomolybdate phosphoric yellow color method. Na, K and Ca were determined by using Eppendorf Elex 6361 model flame photometry. Cl was analyzed by precipitation as AgCl and titration according to Johnson and Ulrich (1959). Mg, Fe, Zn and Mn were determined by AAS (Philips model 9200x).

The pot experiment was arranged in a completely randomized design with four replicates. Analysis of variance of data for all parameters was computed using MINITAB computer package. MSTAT package was used for calculating Duncan's Multiple Range Test.

## Result

**Shoot and root dry weights of maize plant:** Both shoot and root dry weight results (Table 1) indicate that growth was inhibited significantly ( $p < 0.05$ ) with the NaCl doses. Maize plants grown at the low levels of NaCl (0, 15 and 30 mM) reached relatively higher dry weights and did not imply toxicity symptoms. At 45 and 60 mM NaCl, the symptoms of salt toxicity were traced with growth depressions. As average, the treatments of  $\text{NaCl}_3$  and  $\text{NaCl}_4$  (45 and 60 mM NaCl) caused to decrease the shoot dry weight by 30.33 % and 44.57 % and the root dry weight by 22.92 % and 39.57 %, respectively, when compared with the control.

**Ion concentrations and distribution:** Applying increasing amount of NaCl increased significantly ( $p < 0.01$ ) Na and Cl concentrations in the shoots and roots (Table 2). As a result of salinity, Na accumulated in the root tissue rather than that in the shoot tissue. On the other hand, Cl concentration in the shoot was found to be much more than that the root Cl concentration.

While applied NaCl significantly decreased nitrogen concentration in the shoot ( $p < 0.05$ ), increased in the root ( $p < 0.01$ ) (Table 2). Salinity caused to increase P concentrations in the shoot and root, and Ca and Mg concentrations in the root ( $p < 0.01$ ), decrease K concentrations in the shoot and root and Ca concentration in the shoot ( $p < 0.01$ ) (Table 2 and 3).

Table 1. Effect of NaCl treatments on dry weights ( $\text{g pot}^{-1}$ ) of shoot and root of the maize plants

Treatments	Shoot	Change, %	Root	Change, %
$\text{NaCl}_0$	23.67a	-	12.13a	-
$\text{NaCl}_1$	23.64a	-0.13	11.43a	-5.77
$\text{NaCl}_2$	21.39a	-9.63	11.21a	-7.58
$\text{NaCl}_3$	16.49b	-30.33	9.35b	-22.92
$\text{NaCl}_4$	13.12c	-44.57	7.33c	-39.57
NaCl	**		**	

\*\* Significant at  $P < 0.01$  level

Means followed by the same letter are not significantly different (Duncan's Multiple Range Test,  $P < 0.01$ ).

Increasing levels of NaCl decreased iron concentration in the shoot. On the other hand, applied NaCl induced a progressive absorption of iron in the root, zinc and manganese in the shoot and root ( $p < 0.01$ ) (Table 4). As a result of salinity Zn and Mn accumulated in the root.

## Discussion

Salinity inhibits the growth of plants by affecting both water absorption and biochemical processes (Cusido et al., 1987). Moreover, NaCl salinity causes to decrease the rates of net photosynthesis significantly by negatively affecting  $\text{CO}_2$  assimilation and leads to decrease largely nutrient uptake, and finally growth of plants is getting reduced (Lauchli, 1984; Seeman and Sharkey, 1986). In fact, in this study, the high levels of NaCl (45 and 60 mM) inhibited shoot and root growth of the maize plants, on the contrary low levels of NaCl. Al-Karaki (1996, 1997), Gunes et al. (1996), Taban et al. (1999) reported that applied NaCl reduced dry weight of experimental plants. The suppression of plant growth under saline conditions may either be due to osmotic reduction in water availability or to excessive ion levels. The shoot growth was much more affected by salinity than was the root growth. Noble and Rogers (1993) reported that roots seemed to be more resistant to salinity than were plant foliage. It may be explained that in the higher levels of NaCl, the osmotic effect could inhibit the growth of shoot.

Increasing levels of NaCl induced a progressive absorption of Na and Cl in both shoot and root agreeing with the result of Chavan and Karadge (1986); Cusido et al. (1987) and Gunes et al. (1996). Excessive Na concentration in plant tissue disturbs the nutrient balance, osmotic regulation and causes specific ion toxicity (Bernstein, 1963). Accumulated Cl in the root tissue disruptive of membrane uptake mechanisms, thus causing or permitting increased entry and translocation of Cl to the shoot tissue (Yousif et al., 1972).

As reported by Cordovilla et al. (1995), NaCl decreased N concentration in the shoot tissues. Salinity has a negative interference on the nitrogen acquisition and utilization (Lewis, 1986). The negative effect of NaCl on the nitrogen concentration of plants could be explained by the antagonism between  $\text{Cl}^-$  and  $\text{NO}_3^-$  as reported by Kirkby and Knight (1977) and Wehrmann and Hahndel (1984).

On the contrary the results of Al-Karaki (1997) and Award et al. (1990), in this study, NaCl treatments increased P concentrations in the shoot and root. This result is in agreement with the reports of Yahya (1998).

The increased shoot P concentration by applying NaCl may be due to the increased availability of phosphorus in the soil or synergistic effect of Na, which is involved in P uptake and/or transport to the shoot (Grattan and Maas, 1988).

Table 2. Effects of NaCl treatments on Na (%), Cl (%), N (%) and P (%) concentrations in shoot and root of the maize plants

Treatments	Sodium		Chloride		Nitrogen		Phosphorus	
	Shoot	Root	Shoot	Root	Shoot	Root	Shoot	Root
NaCl <sub>0</sub>	0.01 d	0.12 c	0.28 d	0.26 c	1.58 a	0.92 e	0.24 c	0.17 e
NaCl <sub>1</sub>	0.04 cd	0.51 b	2.87 c	2.06 b	1.54 ab	1.03 d	0.27 bc	0.24 d
NaCl <sub>2</sub>	0.07 c	0.54 b	3.14 c	2.85 b	1.52 ab	1.15 c	0.29 bc	0.38 c
NaCl <sub>3</sub>	0.15 b	0.83 a	3.98 b	3.83 a	1.36 bc	1.29 b	0.32 b	0.58 a
NaCl <sub>4</sub>	0.34 a	0.94 a	4.85 a	4.20 a	1.29 c	1.43 a	0.40 a	0.65 a
NaCl	**	**	**	**	*	**	**	**

\* and \*\* Significant at P<0.05 and P<0.01level, respectively  
 Means followed by the same letter are not significantly different (Duncan's Multiple Range Test, P<0.01).

Table 3. Effects of NaCl treatments on K (%), Ca (%) and Mg (%) concentrations in shoot and root of the maize plants

Treatments	Potassium		Calcium		Magnesium	
	Shoot	Root	Shoot	Root	Shoot	Root
NaCl <sub>0</sub>	2.70 a	1.92 a	1.20 a	0.38 c	0.37	0.28 b
NaCl <sub>1</sub>	2.12 b	1.61 b	0.86 b	0.42 c	0.41	0.30 b
NaCl <sub>2</sub>	1.94 c	1.53 b	0.73 c	0.59 b	0.34	0.46 ab
NaCl <sub>3</sub>	1.89 c	1.46 b	0.65cd	0.79 a	0.36	0.65 a
NaCl <sub>4</sub>	1.79 c	1.14 c	0.53 d	0.89 a	0.37	0.61 a
NaCl	**	**	**	**	ns	**

\*\* Significant at P<0.01level; ns: not significant  
 Means followed by the same letter are not significantly different (Duncan's Multiple Range Test, P<0.01).

When NaCl was applied to the soil, NaCl decreased K concentrations in the shoot and root in according with an antagonism between Na and K (Siegel et al., 1980). Cramer et al. (1985) showed that excess NaCl leads to the loss of K when NaCl was applied to the soil, NaCl decreased K due to membrane depolarization by sodium ions. As a result of salinity, K accumulated in the shoot as also reported by Siegel et al. (1980). High sodium concentration in the substrate or in the soil inhibits uptake

and transport of Ca<sup>2+</sup> and may therefore induce calcium deficiency in plants (Lynch and Lauchli, 1985). As a result, Mg accumulated in the root. A similar result was reported by Cordovilla et al. (1995).

Unlike the result of Maas et al. (1972) and Bhivare and Nimbalkar (1984), in this research, it was shown that NaCl decreased iron concentration in the shoot. These results are in agreement with Shrivastava et al. (1993) and Alpaslan et al. (1998). Applied NaCl caused to increase iron concentration and accumulation in the root. Applying NaCl increased zinc and manganese concentrations in the shoot and root. Similar results were reported by Chavan and Karadge (1980); Martinez et al. (1987) and Alpaslan et al. (1998).

**Conclusion**

Applied low levels of NaCl did not affect the growth of maize plants. But high levels of NaCl inhibited the growth and caused to decreased dry weights of both organs. NaCl caused to decrease nitrogen, potassium, calcium and iron in the shoot tissue. Na, P, Mg, Fe, Zn and Mn accumulated in the root tissue in according with applied NaCl.

Table 4. Effects of NaCl treatments on Fe (mg kg<sup>-1</sup>), Zn (mg kg<sup>-1</sup>) and Mn (mg kg<sup>-1</sup>) concentrations in shoot and root of the maize plants

Treatments	Iron		Zinc		Manganese	
	shoot	root	shoot	root	shoot	root
NaCl <sub>0</sub>	95.9 a	78.9 b	7.60 c	17.75 d	70.2 c	74.3 c
NaCl <sub>1</sub>	89.4 ab	123.8 ab	9.35 bc	22.95 cd	76.1 c	61.3 c
NaCl <sub>2</sub>	84.2 ab	197.9 ab	10.40 b	28.33 bc	95.9 b	165.4 b
NaCl <sub>3</sub>	81.8 b	238.8 a	10.93 b	33.80 ab	105.7 ab	169.1 b
NaCl <sub>4</sub>	62.9 c	266.9 a	13.55 a	38.40 a	116.8 a	257.4 a
NaCl	**	**	**	**	**	**

\*\* Significant at P<0.01level  
 Means followed by the same letter are not significantly different (Duncan's Multiple Range Test, P<0.01).

## References

- Al-Karaki, G. N. 1996. Response of three tomato cultivars to increasing salt stress. *Mu'ta Journal of Research Studies* 11: 23-38.
- Al-Karaki, G.N. 1997. Barley response to salt stress at varied levels of phosphorus. *Journal of Plant Nutrition* 20:1635-1643.
- Alpaslan, M., A. Güneş, S. Taban, I. Erdal and C. Tarakcioglu, 1998. Variations in calcium, phosphorus, iron, copper, zinc and manganese contents of wheat and rice varieties under salt stress. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 22: 227-233.
- Award, A.S., D.G. Edwards and L.C. Campbell, 1990. Phosphorus enhancement of salt tolerance of tomato. *Crop Science* 30:123-128.
- Bernstein, L. 1963. Osmotic adjustment of plants to saline media. II. Dynamic phase *American Journal of Botany* 48: 909-918.
- Bhivare, V.N. and J.D. Nimbalkar, 1984. Salt stress effects on growth and mineral nutrition of French beans. *Plant and Soil* 80: 91-98.
- Chavan, P.D. and B.A. Karadge, 1980. Influence of salinity on mineral nutrition of peanut (*Arachis hyogea* L.). *Plant and Soil* 54: 5-13.
- Chavan, P.D. and B.A. Karadge, 1986. Growth, mineral nutrition, organic constituents and rate of photosynthesis in *Sesbania grandiflora* L. grown under saline conditions. *Plant and Soil* 93: 395-404.
- Cordovilla, M.P., A. Ocana, F. Ligerio and C. Lluch, 1995. Salinity effects on growth analysis and nutrient composition in four grain legumes-rhizobium symbiosis. *Journal of Plant Nutrition* 18:1595-1609.
- Cramer, G.R., A. Lauchli and V.S. Polito, 1985. Displacement of  $Ca^{2+}$  by  $Na^+$  from the plasmalemma of root cell. A primary response to salt stress? *Plant Physiology* 79: 207-211.
- Cusido, R.M., J. Palazon, T. Altobella and C. Morales, 1987. Effect of salinity on soluble protein, free amino acids and nicotine contents in *Nicotiana rustica* L. *Plant and Soil* 102: 55-60.
- Grattan, S.R., E.V. Maas, 1988. Effect of salinity on phosphate accumulation and injury in soybean. II. Role of substrate Cl and Na. *Plant and Soil* 109: 65-71.
- Güneş, A., A. Inal and M. Alpaslan, 1996. Effect of salinity on stomatal resistance, proline and mineral composition of pepper. *Journal of Plant Nutrition* 19:389-396.
- Hasan, N.A.K., J.W. Drew, D. Knudsen and R.A. Olson, 1970a. Influence of soil salinity on production of dry matter and uptake and distribution of nutrients in barley and corn: I. Barley (*Hordeum vulgare* L.). *Agronomy Journal* 62: 43-45.
- Hasan, N.A.K., J.W. Drew, D. Knudsen and R.A. Olson, 1970b. Influence of soil salinity on production of dry matter and uptake and distribution of nutrients in barley and corn: II. Corn (*Zea mays* L.). *Agronomy Journal* 62: 46-48.
- Jeschke, W.D. 1982. Cation fluxes in excised and intact roots in relation to specific and varietal differences. pp. 57-69. In: M.R. Saric (ed), *Genetic Specificity of Mineral Nutrition of Plants*. Serbian Academy of Sciences and Arts, Belgrade, U.K.
- Johnson, C.M. and A. Ulrich, 1959. Analytical methods for use in plant analysis. California Agricultural Experiment Station Bulletin, 766, pp. 44-45.
- Kirkby, E.A. and A.H. Knight, 1977. The influence of the level of nitrate nutrition on ion uptake and assimilation, organic acid accumulation and cation anion balance in whole tomato plants. *Plant Physiology* 60:349-353.
- Lauchli, A. 1984. Salt exclusion: an adaptation of legume for crops and pastures under saline condition. pp. 171-187. In: R.C. Stoples and G.H. Toenniessen (eds.), *Salinity Tolerance in Plants. Strategies for Crop Improvement*. John Wiley and Sons, NY.
- Maas, E.V., G. Ogata and M.J. Garber, 1972. Influence of salinity on Fe, Mn and Zn uptake by plants. *Agronomy Journal* 64: 793-795.
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Second edition, p 889. Academic Press, London, New York.
- Martinez, V., A. Cerda and G.A. Fernandez, 1987. Salt tolerance of four tomato hybrids. *Plant and Soil* 97: 233-242.
- Munns, R. 1993. Physiological processes limiting plant growth in saline soils: Some dogmas and hypotheses. *Plant Cell Environmental* 16: 15-24.
- Noble, C.L. and M.J.E. Rogers, 1993. Response of temperate forage legumes to waterlogging and salinity. pp. 473-496. In: Pessarakli, M. (ed.), *Handbook of Plant and Crops Stress*. Marcel Dekker, Inc., NY, USA.
- Pessarakli, M. and T.C. Tucker, 1988. Dry matter yield and nitrogen uptake by tomatoes under sodium and chloride stresses. *Soil Sci. Society of American Journal* 52: 698-700.
- Seeman, J.R. and T.D. Sharkey, 1986. Salinity and nitrogen effects on photosynthesis, ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase and metabolite pool sizes in *Phaseolus vulgaris* L. *Plant Physiology* 82: 555-560.
- Shrivastava, A.K., R. Darash, S.P. Shukla, A. Kumar and G.B. Singh, 1993. Effect of NaCl induced salt stress on iron uptake, partitioning and accumulation in sugar cane. *Sugar Cane* 4: 17-21.
- Siegel, S.M., B.Z. Siegel, J. Massey, P. Lahne and J. Chen, 1980. Growth of corn in saline waters. *Physiology Planta* 50: 71-73.
- Taban, S., A. Güneş, M. Alpaslan and H. Özcan, 1999. Değişik mısır (*Zea mays* L. cvs.) çeşitlerinin tuz stresine duyarlılıkları. *Tr. Journal of Agriculture and Forestry, Supplement* 3: 625-633.
- Wehrmann, I. and R. Hahndel, 1984. Relationship between N and Cl nutrition and  $NO_3$  content of vegetables. *Proceedings VI International Colloquium for the Optimization of Plant Nutrition*. Montpellier, France, pp. 2,679-685.
- Yahya, A. 1998. Salinity effects on growth and on uptake and distribution of sodium and some essential mineral nutrients in sesame. *Journal of Plant Nutrition* 21:1439-1451.
- Yousif, H.Y., F.T. Bingham and D.M. Yermason, 1972. Growth, mineral composition, and seed oil of sesame (*Sesamum indicum* L.) as affected by NaCl. *Soil Science Society of American Proceeding* 36: 450-453.

## Hava Akımlı Düzenlerde Kullanılabilen Eleklerde Bazı Aerodinamik Özelliklerin Belirlenmesi

Ramazan ÖZTÜRK<sup>1</sup>

Kâmil SAÇILIK<sup>1</sup>

Geliş Tarihi: 01.06.2000

**Özet :** Bu çalışmada, çeşitli hava akımlı düzenlerde kullanılabilen eleklerin bazı aerodinamik özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla bir deney düzeni geliştirilmiştir. Deneylerde, 5 farklı grupta olmak üzere 32 ayrı elek deneme materyali olarak kullanılmıştır. Oluşturulan deneme düzeninde elekler 4 farklı hava akımında denenmiştir. Deneylerde statik ve dinamik basınç değerleri ölçülerek sistemde oluşan basınç düşümleri ve sürüklenme katsayısı değerleri belirlenmiştir. Hava akımlarının değişimine bağlı olarak basınç düşümü ve sürüklenme katsayısı arasındaki ilişkiler incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler :** Elekler, basınç düşümü, aerodinamik özellikler, sürüklenme katsayısı

### The Determination of Some Aerodynamic Properties of Screens to be Used in Airflow-Systems

**Abstract :** In this research, it has been determined some aerodynamic properties of several agricultural screens to be used in wind pressure systems. For this reason, a measuring unit was constructed. 32 agricultural screens at 5 different group have been compared in experiments. Tests have been occurred at four different airflow velocities. By measuring static and dynamic pressure, it has been determined pressure drop and coefficient of drag taken place in airflow-system. As airflow velocities were changed, various relationship between pressure drop and coefficient drag was studied.

**Key Words :** Screens, pressure drop, aerodynamic properties, coefficient of drag

#### Giriş

Tarımsal ürünlerin temizlenmesi ve sınıflandırmasında çeşitli fizikomekanik özelliklerden yararlanılmaktadır. Bu özelliklerin başlıcaları; boyut özellikleri, aerodinamik özellikler, hidrodinamik özellikler, sürtünme katsayısı, yüzey yapısı, özgül ağırlık, mekanik özellikler, elektriksel ve optik özellikler olmaktadır (Eker 1983). Bunlar arasında boyut ve aerodinamik özellikler öncelikle ele alınan fizikomekanik özelliklerdir. Bu iki özellik, hava akımlı düzenlerde temel ayırım özellikleri olarak kullanılmaktadır. Diğer özellikler ise temel ayırım özelliklerinin yeterli olmadığı durumlarda başvuru yardımcı özellikler olarak kabul edilmektedir (Yağcıoğlu 1996). Tarımsal ürünlerin temel ayırım özelliklerine göre temizleme ve sınıflandırılmasında kullanılan makinalarda ürünlerin özelliklerine bağlı olarak çeşitli tip ve yapıda elekler kullanılmaktadır. Bu elekler, hava kanallı ayırıcılarda, vantilatörden sağlanan farklı verdilerdeki hava akımları içerisinde de çalışabilmektedir. Bu nedenle eleklerin aerodinamik özelliklerinin belirlenmesi, eleklerin kullanıldığı tarım makinalarının başarılı bir şekilde tasarımı için gerekli olmaktadır (Eker 1983; Evcim 1991).

Hava akımlı düzenlerde eleklerin aerodinamik özellikleri, temizleme kalitesini etkilemektedir. Hava akımlı elek düzenlerinde elek takımı, vantilatörle birlikte bir ünite oluşturmaktadır. Bu tip düzenler özellikle sap, saman yaprak vb yabancı maddelerin ana karışım içerisinde ayrılması amacıyla kullanılmaktadır. Tınaz, tarar ve harman makinaları ile biçerdöverlerde kullanılan elek sistemleri, bu amaçla kullanılan elek düzenleri arasında sıralanabilmek-

tedir. Bu tip elek sistemlerinde ayırma işleminin kalitesi, hava akımının hızı ve doğrultusundan başka elek yüzeyine etki eden hava akımının düzgün dağılımına da bağlı olmaktadır. Bu sistemlerde hava akımının elekten geçerken karşılaşmış olduğu direnç nedeniyle önemli basınç düşümleri ortaya çıkabilmektedir. Bu basınç düşümlerinin belirlenmesi, sistemdeki enerji gereksinimlerinin hesaplanabilmesi açısından önemli olmaktadır (Baker and Shearin 1995; Teitel and Shklyar 1998).

Vantilatörler, hava akımlı düzenlerdeki gerekli hava akımını sağlamaktadır (Saçılık 1992). Bu amaçla kullanılan vantilatörler düşük (<1 kPa) veya orta (1-3 kPa) basınç kademelerinde çalışmaktadır. Bu amaçla genellikle 4-6 kanatlı santrifüj vantilatörler kullanılmaktadır (Evcim 1991). Vantilatör devir sayısı, sistemdeki verdiği, basıncı ve gücü etkileyen en önemli parametre olmaktadır. Ayrıca çevre koşulları vantilatörün çalışma koşullarını oldukça etkilemektedir (Ayık 1985). Hava akımlı düzenlerde kullanılan vantilatörlerle birlikte eleklerin teknik özelliklerinin birlikte incelenmesi oldukça önemlidir.

Hava akımı elek içerisinde geçerken eleğin direnci nedeniyle basınç kaybına uğramaktadır. Bu basınç kaybı toplam delik alanının ve deliklerin düzenlenişinin bir fonksiyonu olarak değişmektedir. Eleğin hava akımına karşı gösterdiği direnç aşağıdaki eşitlik ile bulunabilmektedir (Yağcıoğlu 1996) :

<sup>1</sup> Ankara Üniv. Ziraat Fak. Tarım Makinaları Bölümü-Ankara

$$\Delta P_e = (u_1^2 - u_2^2) / \gamma_h / 2g$$

Bu eşitlikte:

- $\Delta P_e$  : Basınç düşümü,  
 $u_1$  : Elekten önceki hava akımının hızı,  
 $u_2$  : Elekten sonraki hava akımının hızı,  
 $\gamma_h$  : Havanın özgül ağırlığı,  
 $g$  : Yerçekimi ivmesidir.

$u_1$  ve  $u_2$  hızları arasındaki orana ise eleğin aerodinamik katsayısı adı verilmektedir.

Bu çalışmanın amacını; hava akımlı düzenlerde kullanılan çeşitli eleklerin, eleme emsallerine ve yapısal özelliklerine bağlı olarak hava akımının elek içerisinden geçerken oluşturduğu basınç düşümlerinin ve buna bağlı olarak sürüklenme katsayılarının belirlenmesi oluşturmuştur. Deneyler sonunda belirlenen basınç düşümleri ve sürüklenme katsayıları için matematiksel modeller geliştirilmiştir.

### Materyal ve Yöntem

Hava akımlı düzenlerde kullanılabilen çeşitli eleklerin bazı aerodinamik özelliklerini belirleyebilmek için Şekil 1'deki ölçme sistemi oluşturulmuştur. Ölçme sistemi, vantilatör ve hava iletim hatlarından oluşmaktadır. Sistemdeki hava akımı, Çizelge 1'de teknik özellikleri verilen bir santrifüj vantilatörden sağlanmıştır. Santrifüj vantilatör hareketini, gücü 4,8 BG olan bir elektrik motorlu hız değiştiriciden almaktadır. Hız değiştirici ile santrifüj vantilatör, bir kaplin ile bağlanmıştır (Saçılık ve Öztürk 2000).

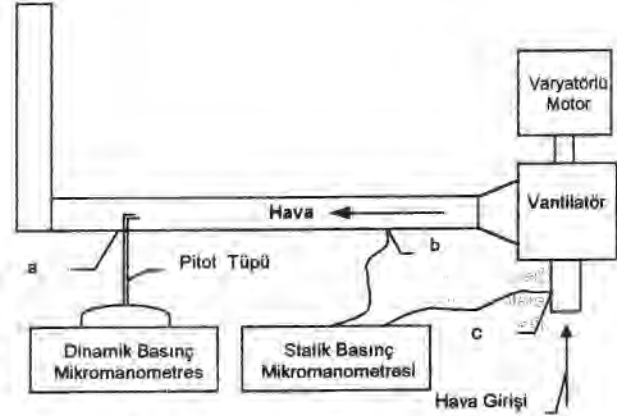
Hava iletim kanalları 60x80 mm dikdörtgen kesit alanına sahip olup, yatay boru uzunluğu 1,5 m düşey boru uzunluğu ise 1 m dir. Sistemde oluşan dinamik ve statik basıncın ölçülmesinde, ölçme alanı 314 Pa ve hassasiyeti 1,57 Pa olan iki adet alkollü mikromanometre kullanılmıştır.

Santrifüj vantilatör tarafından yaratılan hava akımı, sistemdeki dirençleri karşılayacak özellikte olmalıdır (Gökelim 1983). Bu yüzden ölçme düzeninde, eleklerin aerodinamik özelliklerin belirlenmesi için, sistemde oluşan dinamik, statik ve toplam basınç farkları ölçülmüştür. Ayrıca ölçme sisteminde oluşan sürüklenme katsayıları da belirlenmiştir. Sürüklenme katsayısı ( $C_D$ ), her bir hava akımında elek üzerine uygulanan basıncın belirlenmesinde kullanılmaktadır (Kosmos et al 1993).

Toplam basınç, dinamik ve statik basıncın toplamından oluşmaktadır. Dinamik basıncın belirlenmesinde, alkollü dinamik basınç mikromanometresi ve pitot tüpü kullanılmıştır. Türbülanslı akışlarda, akışın rejim haline geçebilmesi için ölçme noktasının yeri (a), hava çıkış noktasından itibaren boru çapının 10 katından sonra

Çizelge 1. Santrifüj vantilatöre ait teknik özellikler

Vantilatör tipi.....	Radyal
Kanat tipi.....	Geriyeye dönük kanatlı
Verdi (m <sup>3</sup> /h).....	1500
Toplam basınç (Pa).....	4000
Maks. devir sayısı (min <sup>-1</sup> ).....	2900



Şekil 1. Denemede kullanılan ölçme düzeni

olmaktadır (Beyhan 1992). Bu nedenle, vantilatördeki hava çıkış noktası ile pitot tüpü arasındaki uzaklık 760 mm alınmıştır. Statik basınç ise, sistemde oluşan yersel kayıpları karşılamaktadır. Şekil 1'de görülen b ve c noktalarına yerleştirilen basınç memelerinden alkollü statik basınç mikromanometresi ile statik basınç ölçülmüştür.

Denemeler dört farklı hava akımında (7,15, 7,97, 8,98, 9,72 m<sup>3</sup>/s.m<sup>2</sup>) gerçekleştirilmiştir. Her bir hava akımı için dinamik ve statik basınç değerleri ölçülmüştür. Her bir hava akımının da elekler üzerine etki eden dinamik basınç değerleri belirlendikten sonra sürüklenme katsayıları elde edilmiştir. Sürüklenme katsayılarının bulunmasında ise aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır (Kosmos et al 1993):

$$C_D = \frac{2 * P_d}{\rho * V_a^2}$$

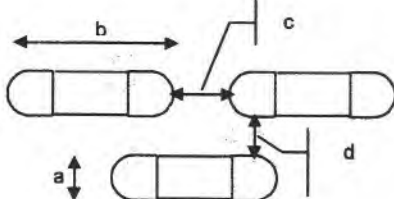
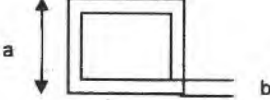
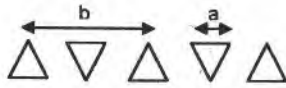
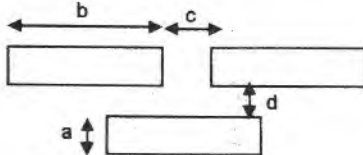
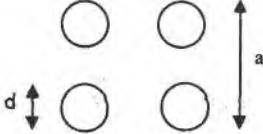
Bu eşitlikte:

- $C_D$  : Sürüklenme katsayısı,  
 $P_d$  : Dinamik basınç (Pa),  
 $V_a$  : Hava akımı (m<sup>3</sup>/s.m<sup>2</sup>),  
 $\rho$  : Hava yoğunluğu (kg/m<sup>3</sup>) dur.

Geliştirilen ölçme sisteminde çeşitli hava akımlı düzenlerde kullanılabilen beş farklı grupta olmak üzere 32 elek denenmiştir. Her bir elek hava kanalı üzerine değişik üç farklı pozisyonda (birbirine dik ve çaprazlama olmak üzere) yerleştirilmiştir. Ölçme sonuçları üç farklı konumun ortalaması olarak alınmıştır. Bir eleğin üzerindeki delinmiş alanların çokluğu elek açıklık katsayısı veya kısaca elek katsayısı ile tanımlanmaktadır. Bu katsayı, faydalı delik alanının, toplam elek alanına oranı olarak verilmektedir. Bu katsayının büyümesi iş verimini artırmaktadır. Bunun için birim elek yüzeyine açılmış delik sayısının çok olması gerekmektedir.

Eleklerin geometrik ve teknolojik karakteristikleri delik şekillerine ve yapım malzemelerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Elekteki deliklerin dizilişleri, eleğin verisini ve ayırma etkinliğini yakından ilgilendirmektedir. Elek yüzeyinde birim alandaki delik sayısı ne kadar çok olursa tanelerin işlem sırasında herhangi bir deliğe rastlama olasılığında o kadar artmaktadır. Denemelerde kullanılan eleklerin boyut özellikleri ve eleme emsalleri Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Elek tipleri ve teknik özellikleri

Elek tipleri ve teknik özellikleri (Verilmeyen ölçüler mm'dir)						
<b>Oblong elek</b>						
	O <sub>1</sub>	1,6	12,7	3,1	2,5	30,50
	O <sub>2</sub>	1,7	24,7	5,1	2,8	30,84
	O <sub>3</sub>	2,1	24,5	5,3	2,8	34,63
	O <sub>4</sub>	1,8	24,6	6,4	2,2	35,13
	O <sub>5</sub>	3,7	24,8	5,3	4,5	35,96
	O <sub>6</sub>	1,7	12,7	2,0	2,2	36,55
	O <sub>7</sub>	3,6	19,4	5,3	3,7	37,15
	O <sub>8</sub>	1,9	12,7	2,6	2,2	37,20
	O <sub>9</sub>	2,7	24,8	4,7	3,1	38,20
	O <sub>10</sub>	2,4	24,7	4,6	2,6	39,60
	O <sub>11</sub>	3,1	19,0	3,0	3,3	40,33
	O <sub>12</sub>	2,4	19,0	3,1	2,5	40,94
	O <sub>13</sub>	2,8	19,0	2,8	2,8	42,17
	O <sub>14</sub>	2,1	12,7	1,7	2,1	42,49
	O <sub>15</sub>	3,6	19,0	3,0	3,0	45,14
<b>Tel dokuma elek</b>						
		a'	b	Eleme emsali (%)		
	TD <sub>1</sub>	0,5	0,2	51,02		
	TD <sub>2</sub>	1,5	0,5	56,25		
	TD <sub>3</sub>	1,9	0,6	57,76		
	TD <sub>4</sub>	1,0	0,3	59,17		
	TD <sub>5</sub>	1,8	0,5	61,25		
	TD <sub>6</sub>	1,2	0,3	64,00		
<b>Üçgen elek</b>						
		a	b	Eleme emsali (%)		
	Ü <sub>1</sub>	4,3	7,4	33,77		
	Ü <sub>2</sub>	4,0	7,0	32,65		
<b>Dikdörtgen oblong elek</b>						
		a	b	c	d	Eleme emsali (%)
	DO <sub>1</sub>	3,8	20,3	9,0	4,2	32,91
	DO <sub>2</sub>	2,7	19,7	10,0	2,5	34,44
	DO <sub>3</sub>	3,5	20,3	9,0	2,2	42,54
<b>Yuvarlak elek</b>						
		d	a	Eleme emsali (%)		
	Y <sub>1</sub>	3,8	10,8	9,72		
	Y <sub>2</sub>	1,9	5,2	10,49		
	Y <sub>3</sub>	4,3	11,4	11,17		
	Y <sub>4</sub>	3,5	9,2	11,37		
	Y <sub>5</sub>	5,0	12,5	12,57		
	Y <sub>6</sub>	3,9	9,4	13,52		

### Bulgular ve Tartışma

Tarım makinelerinde, hava akımlı düzenlerde kullanılan elekler farklı hava akımlarında çalışabilmektedir. Her bir elek için farklı hava akımında statik ve dinamik basınç değerleri belirlenmiş ve bunlara bağlı olarak  $C_D$  katsayıları hesaplanmıştır. Denemelerde kullanılan elekler için farklı hava akımlarında oluşan basınç düşümleri ve sürüklenme katsayılarına ilişkin değerler Çizelge 3 ve 4'te verilmiştir. Bu ilişkilere ait geliştirilen matematiksel modellerin katsayıları ise Çizelge 5 ve 6'da verilmiştir.

Basınç düşümleri, hava akımının değişimine bağlı olarak üssel olarak değişmiştir ( $p < 0,01$ ):

$$y = ax^b$$

Burada;

- y : Basınç düşümü (Pa),  
x : Hava akımı ( $m^3/s.m^2$ ),  
a, b : Denklem katsayılarıdır.

Sürüklenme katsayıları ise hava akımının değişimine bağlı olarak polinomsal olarak değişmiştir ( $p < 0,01$ ):

$$y = ax^2 + bx + c$$

Burada;

- y : Basınç düşümü (Pa),  
x : Hava akımı ( $m^3/s.m^2$ ),  
a, b, c: Denklem katsayılarıdır.

Araştırma sonuçlarına göre eleklerin birim alandaki delik sayıları, bunların dağılımı ve boyutsal karakteristikleri basınç düşümünü ve buna bağlı olarak  $C_D$  değerlerini geniş oranda etkilemiştir. Hava akımlı düzende eleklerin meydana getirdiği basınç düşümünü, eleğin delik şekli, yapım malzemesi ve eleme emsali geniş oranda etkilemiştir. Benzer sonuçlara Kosmos et al. (1993) da ulaşmıştır.

Genel olarak elekler kendi grupları içerisinde değerlendirildiğinde eleme emsali büyüdükçe basınç düşümünün azaldığı görülmüştür. Farklı elek gruplarında olup birbirlerine yakın eleme emsaline sahip elekler birbirleri ile karşılaştırıldığında ise basınç düşümleri hakkında istatistiksel olarak bir yorum yapılamamıştır. Bu sonuca Kosmos et al (1993), eleğe etkiyen kuvvetlerin sadece eleme emsallerinin bir fonksiyonu olmaması şeklinde bir yorum getirmiştir. Elekler kendi gruplar arasında incelendiğinde, sürüklenme katsayısı değerlerinin hava akımının artmasına bağlı olarak arttığı görülmüştür.

### Sonuç

Hava akımlı düzenlerde kullanılabilen 5 farklı grupta olmak üzere 32 adet eleğin deneme materyali olarak kullanıldığı bu çalışmada, farklı hava akımlarında eleklerde meydana gelen basınç düşümleri belirlenmiştir. Elde edilen değerlere bağlı olarak sürüklenme katsayıları saptanmış ve matematiksel modeller geliştirilmiştir. Hava akımının artmasına bağlı olarak basınç düşümünün üssel, sürüklenme katsayısının ise polinomsal olarak arttığı görülmüştür. Oluşan basınç düşümünü, eleğin delik şekli, yapım malzemesi ve eleme emsali etkilemiştir. Eleme emsallerinin artışına bağlı olarak basınç düşümlerinin ve sürüklenme katsayısı değerlerinin azaldığı görülmüştür. Eleme emsali birbirine yakın farklı eleklerde oluşan basınç düşümüne sadece eleme emsallerinin etkili olmadığı gözlenmiştir.

Çizelge 3. Eleklerde meydana gelen basınç düşümleri (Pa)

Elek kodu	Hava akımı ( $m^3/s.m^2$ )			
	7,15	7,97	8,98	9,72
O <sub>1</sub>	72,99	88,68	123,99	142,83
O <sub>2</sub>	69,85	83,19	118,50	134,20
O <sub>3</sub>	68,86	80,13	108,31	128,50
O <sub>4</sub>	66,35	79,56	107,32	121,45
O <sub>5</sub>	64,86	78,70	106,74	120,13
O <sub>6</sub>	62,43	77,00	105,32	118,07
O <sub>7</sub>	60,22	76,11	104,61	116,31
O <sub>8</sub>	58,35	74,82	103,24	115,99
O <sub>9</sub>	56,86	73,51	102,67	114,42
O <sub>10</sub>	55,36	71,90	100,25	113,38
O <sub>11</sub>	54,35	69,85	99,09	112,99
O <sub>12</sub>	53,71	68,10	98,60	111,42
O <sub>13</sub>	52,28	66,95	97,10	110,51
O <sub>14</sub>	51,22	65,12	96,05	109,38
O <sub>15</sub>	50,29	63,42	95,75	108,45
TD <sub>1</sub>	64,35	74,51	94,18	108,31
TD <sub>2</sub>	58,27	71,20	85,40	98,47
TD <sub>3</sub>	55,71	68,28	80,19	90,12
TD <sub>4</sub>	50,13	63,34	75,26	83,90
TD <sub>5</sub>	48,20	54,77	70,62	78,76
TD <sub>6</sub>	44,26	50,13	65,61	73,26
Ü <sub>1</sub>	80,05	97,32	136,55	159,31
Ü <sub>2</sub>	74,56	94,96	134,20	156,96
DO <sub>1</sub>	73,28	91,82	116,94	141,26
DO <sub>2</sub>	68,49	81,62	106,45	122,42
DO <sub>3</sub>	66,77	77,49	94,18	109,88
Y <sub>1</sub>	76,42	91,68	123,99	144,40
Y <sub>2</sub>	74,42	88,82	113,99	141,26
Y <sub>3</sub>	72,91	84,33	103,99	131,26
Y <sub>4</sub>	69,64	80,19	98,37	126,00
Y <sub>5</sub>	66,35	77,05	92,24	118,50
Y <sub>6</sub>	64,35	71,02	80,04	109,09

Çizelge 4. Eleklerin sürüklenme katsayıları

Elek kodu	Hava akımı ( $m^3/s.m^2$ )			
	7,15	7,97	8,98	9,72
O <sub>1</sub>	1,142	1,165	1,262	1,398
O <sub>2</sub>	1,046	1,072	1,150	1,265
O <sub>3</sub>	0,999	1,040	1,079	1,154
O <sub>4</sub>	0,981	0,995	1,065	1,095
O <sub>5</sub>	0,971	0,963	0,992	1,005
O <sub>6</sub>	0,969	0,977	0,985	0,985
O <sub>7</sub>	0,959	0,970	0,980	0,987
O <sub>8</sub>	0,948	0,961	0,972	0,981
O <sub>9</sub>	0,941	0,950	0,964	0,970
O <sub>10</sub>	0,934	0,945	0,955	0,962
O <sub>11</sub>	0,924	0,934	0,944	0,954
O <sub>12</sub>	0,915	0,923	0,936	0,945
O <sub>13</sub>	0,905	0,916	0,925	0,937
O <sub>14</sub>	0,890	0,905	0,914	0,923
O <sub>15</sub>	0,881	0,886	0,899	0,910
TD <sub>1</sub>	0,985	0,997	1,022	1,125
TD <sub>2</sub>	0,951	0,981	0,999	1,086
TD <sub>3</sub>	0,932	0,953	0,984	0,991
TD <sub>4</sub>	0,910	0,930	0,954	0,980
TD <sub>5</sub>	0,881	0,895	0,925	0,960
TD <sub>6</sub>	0,863	0,876	0,896	0,916
Ü <sub>1</sub>	1,189	1,225	1,251	1,295
Ü <sub>2</sub>	0,996	1,172	1,195	1,125
DO <sub>1</sub>	1,146	1,215	1,245	1,260
DO <sub>2</sub>	1,035	1,150	1,190	1,201
DO <sub>3</sub>	0,991	1,021	1,110	1,195
Y <sub>1</sub>	1,145	1,180	1,195	1,201
Y <sub>2</sub>	1,050	1,151	1,182	1,192
Y <sub>3</sub>	0,995	1,055	1,155	1,185
Y <sub>4</sub>	0,981	0,890	0,995	1,150
Y <sub>5</sub>	0,973	0,983	0,990	0,998
Y <sub>6</sub>	0,960	0,970	0,982	0,989



Çizelge 5. Basınç düşümlerine ait matematiksel modelin katsayıları

Elek kodu	Katsayılar		
	a	b	r <sup>2</sup> (*)
O <sub>1</sub>	0,8328	2,2661	0,9913
O <sub>2</sub>	0,8442	1,2344	0,9841
O <sub>3</sub>	1,1065	2,0855	0,9696
O <sub>4</sub>	1,1878	2,0303	0,9921
O <sub>5</sub>	1,0738	2,0808	0,9920
O <sub>6</sub>	0,9029	2,1517	0,9916
O <sub>7</sub>	0,7662	2,2206	0,9901
O <sub>8</sub>	0,6279	2,3066	0,9919
O <sub>9</sub>	0,5558	2,3566	0,9893
O <sub>10</sub>	0,4933	2,4029	0,9924
O <sub>11</sub>	0,4288	2,4615	0,9927
O <sub>12</sub>	0,4089	2,4772	0,9890
O <sub>13</sub>	0,3580	2,5318	0,9906
O <sub>14</sub>	0,3185	2,5786	0,9887
O <sub>15</sub>	0,2807	2,6313	0,9848
TD <sub>1</sub>	2,1299	1,7248	0,9943
TD <sub>2</sub>	2,1278	1,6855	0,9985
TD <sub>3</sub>	2,7137	1,5432	0,9944
TD <sub>4</sub>	1,9683	1,6571	0,9881
TD <sub>5</sub>	1,7916	1,6647	0,9871
TD <sub>6</sub>	1,4804	1,7168	0,9837
Ü <sub>1</sub>	0,8260	2,3159	0,9919
Ü <sub>2</sub>	0,5546	2,4880	0,8858
DO <sub>1</sub>	1,1293	2,1194	0,9990
DO <sub>2</sub>	1,5128	1,9323	0,9961
DO <sub>3</sub>	2,7419	1,6167	0,9951
Y <sub>1</sub>	1,1430	2,1279	0,9937
Y <sub>2</sub>	1,2297	2,0742	0,9897
Y <sub>3</sub>	1,7720	1,8746	0,9733
Y <sub>4</sub>	1,6681	1,8804	0,9658
Y <sub>5</sub>	1,8063	1,8179	0,9632
Y <sub>6</sub>	3,6144	1,4505	0,9760

\*: p&lt;0,01

Çizelge 6. Sürüklenme katsayılarına ait matematiksel modelin katsayıları

Elek kodu	Katsayılar			
	a	b	c	r <sup>2</sup> (*)
O <sub>1</sub>	0,0432	-0,6304	3,4410	0,9995
O <sub>2</sub>	0,0341	-0,4918	2,8198	0,9982
O <sub>3</sub>	0,0134	-0,1691	1,5258	0,9824
O <sub>4</sub>	0,0075	-0,0797	1,1610	0,9709
O <sub>5</sub>	0,0006	0,0018	0,9259	0,9863
O <sub>6</sub>	0,0010	-0,0063	0,9657	0,9938
O <sub>7</sub>	-0,0011	0,0300	0,8028	0,9992
O <sub>8</sub>	-0,0011	0,0313	0,7814	0,9975
O <sub>9</sub>	-0,0007	0,0233	0,8091	0,9941
O <sub>10</sub>	-0,0011	0,0300	0,7778	0,9992
O <sub>11</sub>	0,0003	0,0065	0,8631	0,9971
O <sub>12</sub>	0,0007	-0,0003	0,8802	0,9989
O <sub>13</sub>	0,0006	0,0012	0,8642	0,9897
O <sub>14</sub>	-0,0019	0,0438	0,6727	0,9864
O <sub>15</sub>	0,0025	-0,0308	0,9729	0,9983
TD <sub>1</sub>	0,0335	-0,5146	2,9582	0,9619
TD <sub>2</sub>	0,0211	-0,3090	2,0854	0,9419
TD <sub>3</sub>	-0,0042	0,0946	0,4681	0,9873
TD <sub>4</sub>	0,0029	-0,0214	0,9175	0,9978
TD <sub>5</sub>	0,0084	-0,1107	1,2450	0,9997
TD <sub>6</sub>	0,0031	-0,0314	0,9306	0,9997
Ü <sub>1</sub>	0,0037	-0,0233	1,1691	0,9815
Ü <sub>2</sub>	-0,0872	1,5186	-5,4008	0,9922
DO <sub>1</sub>	-0,0184	0,3526	-0,4337	0,9900
DO <sub>2</sub>	-0,0359	0,6676	-1,8985	0,9875
DO <sub>3</sub>	0,0221	-0,2933	1,9550	0,9992
Y <sub>1</sub>	-0,0099	0,1881	0,3075	0,9912
Y <sub>2</sub>	-0,0315	0,5841	-1,5114	0,9830
Y <sub>3</sub>	-0,0081	0,2135	-0,1231	0,9874
Y <sub>4</sub>	0,0908	-1,4613	6,7842	0,9879
Y <sub>5</sub>	-0,0005	0,0178	0,8719	0,9900
Y <sub>6</sub>	-0,0007	0,0238	0,8273	0,9996

\*: p&lt;0,01

## Kaynaklar

- Ayık, M. 1985. Ürün İşleme Tekniği ve Makinaları. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:957, Ankara.
- Baker, J. R. and E. A. Shearin, 1994. An Update on screening for the exclusion of insect pests. N.C. Flower Growers Bulletin 39(2), 6-11.
- Beyhan, M. A. 1992. Ülkemiz Koşullarına Uygun Aspiratörül Bir Fındık Hasat Makinası Tasarım Ve İmalatı. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara. (Yayınlanmamış Doktora Tezi)
- Eker, B. 1983. Tohum Hazırlama Makinaları. Türkiye Ziraat Donatım Kurumu Mesleki Yayınları No:29, Ankara.
- Evcim, Ü. 1991. Ürün Temizleme ve Sınıflandırma Tekniği. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:500, İzmir.
- Gökeli, A. T. 1983. Endüstriyel Fan ve Kompresör Tesisleri. Birsen yayını 150 s, İstanbul.
- Kosmos, S. R., G. L. Riskowski and L. L. Christianson, 1993. Force and static pressure resulting from airflow through screens. Transaction of the ASAE. Vol. 36(5), 1467-1472.
- Saçılık, K. 1992. Tarım Makinalarında Kullanılan Radyal Vantilatörlerin Bilgisayar Destekli Tasarımı. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi)
- Saçılık, K. ve R. Öztürk, 2000. Biçim özelliklerine göre patatesin hava akımına karşı gösterdiği direncin belirlenmesi. Tarım Bilimleri Dergisi: Vol.6(1), Ankara.
- Teitel, M. and A. Shklyar, 1998. Pressure drop across insect-proof screens. Transaction of the ASAE. Vol. 41(6), 1829-1834.
- Yağcıoğlu, A. 1996. Ürün İşleme Tekniği. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:517, İzmir.