

## ORGANİK ATIKLARIN TOPRAKTA ÜREAZ AKTİVİTESİNE AİT TERMODİNAMİK PARAMETRELERE ETKİSİ

İmanverdi EKBERLİ\* Rıdvan KIZILKAYA Nalan KARS  
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, 5513 Samsun

\*e-mail: iman@omu.edu.tr

Geliş Tarihi: 02.05.2008

Kabul Tarihi: 20.11.2008

**ÖZET:** Bu çalışmada, killi tın bünyeli toprağa tütün ve çay atığı, fındık zurufu, buğday samanı gibi organik atık uygulamalarının, üreaz aktivitesi ve bu enzimin aktivitesine ait termodinamik parametreler ( $E_a$ ,  $\Delta H$ ,  $\Delta S$ ,  $\Delta G$ ,  $Q_{10}$ ) üzerine olan etkisi araştırılmıştır. Denemede kullanılan organik atıklar kuru ağırlık üzerinden %5 oranında toprağa karıştırılmış,  $25 \pm 0.5^\circ\text{C}$ ' de 30 gün inkübasyona bırakılmıştır. Inkübasyon sonunda farklı substrat konsantrasyonları (%0, %1, %2, %4, %6, %8, %10, %12), inkübasyon periyotları (0, 1, 2, 3, 4, 5 ve 6 saat) ve inkübasyon sıcaklıklarında (0, 10, 20, 30, 40 ve  $50^\circ\text{C}$ ) topraklardaki üreaz aktivitesi belirlenerek termodinamik parametreler hesaplanmıştır. Deneme sonunda, organik atık uygulamasının üreaz aktivitesini önemli düzeyde artırdığı ve atıkların etkinliklerinin tütün atığı>çay atığı> fındık zurufu> buğday samanı şeklinde sıralandığı saptanmıştır. Genellikle, kontrol ve organik atık uygulanmış topraklarda tüm substrat konsantrasyonlardaki üreaz aktivitesi değerlerinin  $40-50^\circ\text{C}$  sıcaklıklarında diğerlerine oranla daha hızlı bir artış gösterdiği belirlenmiştir. Tüm uygulamalarda üreaz aktivitesine ait termodinamik parametrelerin değerleri farklılık göstermiştir.  $E_a$  değerlerinin tütün atığı uygulanmasında en düşük ( $5.255-8.341 \text{ kJmol}^{-1}$ ), buğday samanı uygulamasında ise en yüksek ( $17.189-24.414 \text{ kJmol}^{-1}$ ) olduğu saptanmıştır. En düşük  $\Delta H$  ( $2.786-5.876 \text{ kJmol}^{-1}$ ) değerleri tütün atığı uygulanmış toprakta belirlenmiştir. Tüm uygulamalarda  $\Delta S$  değerlerinin negatif olduğu, %10-12 substrat konsantrasyonu düzeylerinde sabitleştiği;  $\Delta G$  değerlerinin ise  $68.965-83.869 \text{ kJmol}^{-1}$  aralığında değiştiği saptanmıştır.  $Q_{10}$  katsayısının en yüksek değerleri ( $1.212-1.477$ ) buğday samanı, en düşük değerleri ( $1.061-1.169$ ) ise tütün atığı uygulanmasında bulunmuştur. **Anahtar Sözcükler:** Toprak, Organik atıklar, Üreaz aktivitesi, Arrhenius denklemi, Termodinamik parametreler

### THE EFFECT OF ORGANIC WASTES ON THERMODYNAMIC PARAMETERS BELONGING TO UREASE ACTIVITY IN SOIL

**ABSTRACT:** In this study, urease activity of organic wastes, such as tea and tobacco waste, hazelnut husk and wheat straw, which have been treated to clay loam soil, and thermodynamic parameters ( $E_a$ ,  $\Delta H$ ,  $\Delta S$ ,  $\Delta G$ ,  $Q_{10}$ ) belonging to urease activity of this enzyme have been determined. The organic waste treatments, which were treated to clay loam soil at 5% dose, have gone through incubation for 30 days at temperature of  $25 \pm 0.5^\circ\text{C}$ . As a result of incubation, thermodynamic parameters have been calculated by revealing urease activity in soils in a condition of different substrate concentrations (%0, %1, %2, %4, %6, %8, %10, %12), incubation periods (1, 2, 3, 4, 5 and 6 hours) and incubation temperatures (0, 10, 20, 30, 40 and  $50^\circ\text{C}$ ). It has been revealed that organic waste treatments to soils significantly increase urease activity and also, catalyzation level of urease activity, in case of treatment of above mentioned organic wastes, has been determined as follow: tobacco waste>tea waste> hazelnut husk> wheat straw. Generally, it has been observed that values of urease activity in all substrate concentration in control and organic waste treated soils increase more rapidly at 40 and  $50^\circ\text{C}$  versus in other temperatures. The values of thermodynamic parameters belonging to urease activity in all treatments have shown variations. The lowest ( $5.255-8.341 \text{ kJmol}^{-1}$ ) and highest ( $17.189-24.414 \text{ kJmol}^{-1}$ )  $E_a$  values have been determined in tea waste and wheat hay treatments, correspondingly. And the lowest ( $2.786-5.876 \text{ kJmol}^{-1}$ )  $\Delta H$  value has been scanned in tobacco waste treated soils. It has also been concluded that  $\Delta S$  values are negative in all treatments, except in case of 10% and 12% substrate concentration levels, where they become stabilized and that  $\Delta G$  values vary in  $68.965 - 83.869 \text{ kJmol}^{-1}$  interval. The highest ( $1.212-1.477$ ) and the lowest ( $1.061-1.169$ ) values of  $Q_{10}$  coefficient have been determined in wheat straw and tobacco waste treatments, correspondingly.

**Key Words:** Soil, Organic waste, Urease activity, Arrhenius equation, Thermodynamic parameters

### 1. GİRİŞ

Geleneksel tarım sistemlerinde toprakların organik madde miktarındaki azalma, gerek toprakların sürdürülebilirliğinin ve gerekse verimliliğin azalmasına sebep olduğu için önemli toprak sorunlarından birisidir. Organik madde kapsamının yetersiz olduğu tarım arazilerinde yetişen bitkilerin ve toprağı habitat olarak kullanan canlıların gelişimi ve aktivitesi önemli oranda sınırlanmaktadır. Bununla beraber, organik madde yetersizliğinde toprakların

biyolojik aktivitesi ile verimde meydana gelen azalma ile beraber, agregatlaşmada meydana gelen azalma ve bunun bir sonucu olarak da erozyona karşı toprakların dayanıklılığının ve infiltrasyonun düşmesi gibi toprakların temel fiziksel özellikleri de olumsuz yönde etkilenebilmektedir. Bu nedenle, toprakların üretkenliğinin korunması ile beraber sürdürülebilirliğinin sağlanması büyük ölçüde topraklara yeterli miktarda organik materyal ilavesi ile

mümkündür (Kononova, 1966; Troeh ve Thompson, 1993; Gulser ve Candemir, 2004, Özdemir ve ark., 2005; Zolotareva, 2006).

Topraklara ilave edilen tarımsal kimyasallar yada organik atıklar gibi çeşitli materyaller toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinde önemli değişimlere sebep olmaktadır. Toprakların biyolojik ve biyokimyasal özellikleri, fiziksel veya kimyasal özellikleri ile karşılaştırıldığında daha hızlı sürede değişime uğradığı için, kirlenmenin toprakta meydana getirdiği etkinin ortaya konulmasında veya her hangi bir ıslah işleminde duyarlı indikatörler olarak tercih edilebilmektedir. Bu özellikler aynı zamanda, toprağın aktif ve canlı kısmının değerlendirilmesinde de kullanılmaktadır (Khaziyeve ve Gulke, 1991; Masciandaro ve ark., 2000; Devyatova, 2006, Okur ve ark., 2008). Toprakların biyolojik özelliklerinin belirlenmesinde mikroorganizma sayı ve biyomasları ile bunlar tarafından sentezlenen organik yapıdaki ürünlerin tespiti gibi çok çeşitli parametreler deneysel olarak belirlenebilmesine karşın, gerek laboratuvar sonuçlarındaki hassasiyet ve gerekse toprak verimliliğine olan katkıları nedeniyle toprak enzimleri sıklıkla tercih edilen biyokimyasal parametrelerdendir. Özellikle toprak mikroflorası tarafından sentezlenen ve çevresel etkilere karşı oldukça dayanıklı yapıda olan ekstraselüler enzimler toprak organik maddesinin mineralizasyon süreçlerine katkısından dolayı doğrudan toprak verimliliğini de büyük ölçüde etkilemektedir. Ekstraselüler enzimlerin hem toprakların fiziksel-kimyasal özellikleri ile olan ilişkisi hem de organik maddenin mineralizasyonu yoluyla toprak verimliliğine olan katkılarından dolayı bu konuda çok sayıda çalışma yapılmıştır (Kiss ve ark., 1998; Özdemir ve ark., 2000; Kızılkaya ve Bayraklı, 2005; Kireeva, 2006). Gerek toprakların fiziksel-kimyasal özelliklerini düzenlemek ve gerekse toprak verimliliğini artırmak için çok çeşitli organik atık veya artıklar topraklara uygulanmaktadır. Bu organik materyallerin toprakta meydana getirdiği etkiler toprak özellikleri, iklim gibi faktörlerin kontrolü altında olmasına rağmen organik atığın cins ve miktarı ile bu atıkların kimyasal kompozisyonu ile de yakından ilgilidir. Özellikle organik atıkların kapsadığı besin maddesi miktarları, C/N, lignin/selüloz oranı gibi özellikleri bu atıkların topraktaki mineralizasyonunu kontrol eden temel bileşenlerdendir (Marinari ve ark., 2000; Kızılkaya ve ark., 2007; Candemir ve Gülser, 2007; Demir ve Gülser, 2008).

Farklı sıcaklıklarda toprakların enzim aktivitesi değişiminin ve organik atıkların toprakların enzim aktivitesi üzerine etkisinin belirlenmesini ortaya koyan çalışmaların yeterli düzeyde olmasına rağmen, enzim reaksiyonları sonucuna oluşan enerji değişiminin ve atıkların bu değişim üzerine etkisinin belirlenmesine ait çalışmalar sınırlıdır (Dalal, 1975; Khaziev, 1975; Aliev ve ark., 1984; Ekberli ve ark., 2006). Enerji değişiminin değerlendirilmesi termodinamik yaklaşımla mümkündür. Bu yaklaşım

enzim reaksiyonlarının yönüne, yoğunluğuna ve mekanizmasına ait bilgiler vermektedir. Ayrıca toprakların ekolojik-genetik özelliklerine bağlı olarak, enzim reaksiyonlarında enerji sarfının karakterini açıklamaktadır. Bu nedenle, enzim reaksiyonlarındaki enerji değişiminin ortaya konulmasında termodinamik parametrelerin belirlenmesi önemlidir. Bu çalışmanın amacı, killi tın bünyeli bir toprağa % 5 oranında uygulanan organik atıkların (tütün ve çay atığı, fındık zurufu, buğday samanı) etkisi sonucunda üreaz enziminin termodinamik parametrelerinin ( $E_a$ -aktivasyon enerjisi, entalpi ( $\Delta H$ ) ve entropi ( $\Delta S$ ) değişimi,  $\Delta G$  - Gibbs serbest enerjisi,  $Q_{10}$ -hızın sıcaklık katsayısı) incelenmesidir.

## 2. MATERYAL ve METOT

Bu çalışmada kullanılan toprak örneği Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi deneme arazisinden alınmıştır. Toprağın bazı fiziksel-kimyasal özellikleri Rowel (1996) tarafından bildirildiği şekilde belirlenmiştir. Denemede çay atığı, fındık zurufu, tütün atığı ve buğday samanı organik atık olarak kullanılmıştır. Bu organik atıklar kurutulup 0.05 mm' den daha küçük parçacık büyüklüğüne sahip parçacık şekilde öğütüldükten sonra kullanılmıştır. Organik atıkların bazı kimyasal bileşimleri Kacar (1972) tarafından bildirildiği gibi belirlenmiştir.

### 2.1. Denemenin Kurulması

Toprağın enzim aktivitesinin belirlenmesine yönelik inkübasyon denemesi tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 paralelli olarak kurulmuştur. Bu amaçla, 2 mm'lik elekten geçirilen hava kurusu 750 gr toprak örneği 1 lt'lik plastik saksılara konulmuş, üzerlerine kuru ağırlık üzerinden %5 oranında çay atığı, fındık zurufu, tütün atığı ve buğday samanı ilave edilerek karıştırılmıştır. Her hangi bir organik atık ilavesi yapılmayan saksılar kontrol kabul edilmiştir. Saksılardaki karışımın nem düzeyi, maksimum su tutma kapasitesinin %60'ı olacak şekilde saf su ile sağlanmıştır. Daha sonra saksılar  $25 \pm 0.5$  °C'de 30 gün süre ile inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sürecince saksılardan eksilen su miktarı her gün eklenerek nemin sabit kalması sağlanmıştır.

İnkübasyon sonunda saksılardan alınan toprak örneklerinde üreaz (EC 3.5.1.5) aktivitesi tayinleri Hoffmann ve Teicher (1961)'e göre saptanmıştır. Sitrat tampon çözeltisi (pH 6.7) ve substrat olarak ürenin ilave edildiği topraklar farklı sıcaklık ve inkübasyon süreleri sonunda sodyum fenolat ve sodyum hipoklorit çözeltileri ile renklendirilmiştir. Ürenin hidroliz sonucu oluşan amonyum 578 nm dalga boyuna ayarlanmış spektrofotometrede belirlenmiştir. Analizler 3 paralelli olarak yürütülmüş ve sonuçlar "kuru toprak" cinsinden verilmiştir.

### 2.2. Termodinamik Parametreler

Termodinamik parametrelerin belirlenmesi amacıyla,

farklı inkübasyon zamanları (0, 1, 2, 3, 4, 5 ve 6 saat) ile inkübasyon sıcaklıklarında (0, 10, 20, 30, 40 ve 50 °C) substrat olarak kullanılan üreinin %0, %1, %2, %4, %6, %8, %10 ve %12 olmak üzere 8 farklı konsantrasyonunda üreaz aktivitesi tayinleri yapılmıştır.

Enzim reaksiyonunun ilk hızı  $v = \Delta C / \Delta t$  (burada,  $\Delta C$  ve  $\Delta t$  uygun olarak reaksiyonun başlangıcındaki ürün miktarı ( $\mu g N g^{-1}$ ) ve zaman (dakika) değişimidir) ifadesi ile hesaplanmıştır. Üreaz enziminde  $E_a$  ve  $A$  parametrelerinin belirlenmesi amacıyla,  $k \approx v$  kabul edilerek,

$$k = A e^{-\frac{E_a}{RT}} \quad (1)$$

(Burada,  $k$  - hız sabiti,  $dak^{-1}$ ;  $T = t^{\circ}C + 273.15K$  - Kelvin sıcaklığı;  $E_a$  - reaktantların ürünleri oluşturmak için sahip olması gereken minimum kinetik enerjisini ifade eden aktivasyon enerjisi,  $kJmol^{-1}$ ;  $A$  - reaksiyon sürecinde meydana gelen moleküler çarpışmaların hızının bir ölçüsü olan ön üstel veya frekans faktörü,  $\mu g g^{-1} dak^{-1}$ ;  $R = 8.314 K^{-1} mol^{-1}$  - gaz sabitesi olmaktadır.) Arrhenius denkleminin (Arrhenius, 1889) aşağıdaki gibi linearize edilmiş biçiminden kullanılmıştır. (1) denkleminde

$$\ln k = \ln(A e^{-\frac{E_a}{RT}}) = \ln A - \frac{E_a}{RT} \Rightarrow \ln k = \ln A - \frac{E_a}{R} \frac{1}{T} \quad (2)$$

(Burada,  $T \rightarrow \infty$  durumunda  $k \approx A$  olur) elde edilir. (2)

ifadesinde  $y = \ln k$ ,  $x = \frac{1}{T}$ ,  $b = \ln A$ ,  $a = -\frac{E_a}{R}$

denirse,  $y = b + ax$  olup,  $E_a = -aR$  ve  $A = e^b$  olarak bulunur. Dolayısıyla,  $\ln k$ 'nin  $1/T$  'ye karşı Arrhenius grafiğinden faydalanarak  $E_a$  ve  $A$  bulunur. Entalpi değişimi ( $\Delta H$ ), entropi değişimi ( $\Delta S$ ) ve Gibbs enerjisi ( $\Delta G$ ) termodinamik parametrelerinin hesaplanmasında aşağıdaki ifadeler kullanılmıştır:

$\Delta H = -a_1 R$ ;  $\Delta S = [b_1 - \ln(2.084 \times 10^{10})]R$ ;  $\Delta G(T) = \Delta H - (T_x \Delta S / 1000)$ . Burada,  $a_1, b_1$  - uygun olarak  $\ln(k/T)$  ve  $1/T$  arasındaki ilişkinin eğimi ve  $\frac{1}{T} = 0$ 'daki ordinatıdır (Atkins, 2001).

Arrhenius denkleminde elde edilen  $E_a$  değerlerine bağlı olarak,  $Q_{10}$  sıcaklık katsayısı

$Q_{10} = \exp[10E_a / RT(T+10)]$  ifadesi ile hesaplanmıştır.

### 3. BULGULAR

Denemede kullanılan toprak örneği killi tın (CL) bünyeye sahip (%31.2 kil, %36.2 silt ve %32.6 kum) olup, organik madde kapsamı %2.26, pH'sı (1:1, w:v) 7.10 ve C/N oranı 16'dır. Denemede kullanılan organik atıkların bazı özellikleri ise Çizelge 1'de verilmiştir.

Farklı inkübasyon sıcaklıklarında ve farklı substrat konsantrasyonlarında saptanan üreaz aktivitesi değerlerinin değişimi kontrol ve farklı organik atıklar uygulanmış toprak için Çizelge 2' de verilmiştir.

Tüm inkübasyon sıcaklıklarında ve substrat konsantrasyonlarında kontrol ile karşılaştırıldığında organik atık uygulanmış toprakta üreaz aktivitesi daha fazla artış göstermiştir. Tütün atığı uygulanmış toprakta enzim üreaz aktivitesinin en yüksek, buğday samanı uygulanmış toprakta ise nispeten düşük olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, substrat konsantrasyonuna bağlı olarak üreaz aktivitesinin değişimi hiperbolik biçimde olup, 40-50 °C ve %10-12 substrat konsantrasyonu aralıklarında artışın daha hızlı gerçekleştiği saptanmıştır.

### 4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Kontrol ve organik atık uygulanmış toprağın substrat konsantrasyonuna ve sıcaklığa bağlı olan üreaz aktiviteleri karşılaştırıldığında, organik atıkların uygulanmasında üreaz aktivitesinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Birçok araştırmacı tarafından, topraklara farklı organik atıkların uygulanması ve sıcaklık artışının toprakların enzim aktivitesini önemli düzeyde artırdığı belirlenmiştir (Aliev ve ark., 1984; Özdemir ve ark., 2000; Kızılkaya ve ark., 2007). Organik atıkların toprağa uygulanması sonucunda toprakta biyokimyasal ve mikrobiyolojik proseslerin hızlanması (fazla mikroorganizma sayısının oluşumu), organik atıkların yapısında bulunan üre tipi enzim substratları, organik atık ilavesi sonucunda toprağın fiziksel-kimyasal özelliklerinin iyileşmesi üreaz aktivitesindeki artışa önemli düzeyde etki yapmaktadır (Alexander, 1977; Gülser ve Candemir, 2004; Kızılkaya ve Bayraklı, 2005; Ekberli ve ark., 2006; ; Kızılkaya ve ark., 2007; Okur ve ark., 2008). Organik materyallerin topraktaki üreaz aktivitesinin değişimine olan etkisinde farklılıklar belirlenmiştir. Tütün ve çay atığı, fındık zurufu ve buğday samanı ilavesinde topraktaki üreaz aktivitesinin değişimi, [0,50°C] sıcaklık aralığında substrat konsantrasyonuna bağlı olarak sırasıyla [38.9, 275.7]; [15.8, 250.5];

Çizelge 1. Organik atıkların bazı özellikleri

| Özellikler                                 | Tütün atığı | Çay atığı | Fındık zurufu | Buğday samanı |
|--|-------------|-----------|---------------|---------------|
| Organik C, %                               | 38.40       | 53.78     | 49.50         | 52.88         |
| Azot (N), %                                | 1.97        | 2.46      | 0.96          | 0.31          |
| Fosfor (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ), % | 0.45        | 0.48      | 0.28          | 0.25          |
| Potasyum (K <sub>2</sub> O), %             | 4.71        | 5.83      | 5.17          | 4.77          |
| C/N  | 19.50       | 21.80     | 51.3          | 170.50        |

Çizelge 2. Kontrol ve % 5 düzeyinde farklı organik atıklar uygulanmış toprakta farklı substrat [S] düzeyleri ile inkübasyon dönemlerinde belirlenen üreaz aktivitesindeki ( $\mu\text{g N g}^{-1}$ ) değişimler

| [S],<br>% | Kontrol toprak |       |       |       |       |       | [S],<br>% | Tütün atığı uygulanmış toprak |       |       |       |       |       |
|-----------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|           | Zaman, saat    |       |       |       |       |       |           | Zaman, saat                   |       |       |       |       |       |
|           | 1              | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     |           | 1                             | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     |
| 0 °C      |                |       |       |       |       |       |           |                               |       |       |       |       |       |
| 1         | 5.5            | 9.4   | 11.2  | 12.3  | 12.8  | 13.0  | 1         | 38.9                          | 52.1  | 55.1  | 62.1  | 65.5  | 67.1  |
| 2         | 5.8            | 10.9  | 11.9  | 13.1  | 13.4  | 13.4  | 2         | 53.6                          | 68.5  | 77.8  | 85.2  | 87.6  | 89.3  |
| 4         | 6.3            | 11.4  | 12.6  | 13.5  | 13.6  | 13.8  | 4         | 62.0                          | 77.9  | 88.5  | 92.5  | 96.8  | 99.7  |
| 6         | 7.9            | 13.0  | 13.2  | 14.5  | 15.6  | 16.0  | 6         | 72.1                          | 88.5  | 96.3  | 101.9 | 105.3 | 107.8 |
| 8         | 8.9            | 14.2  | 16.4  | 16.4  | 16.6  | 17.2  | 8         | 84.3                          | 102.5 | 120.8 | 128.0 | 137.7 | 143.2 |
| 10        | 9.4            | 14.7  | 16.5  | 17.5  | 17.8  | 18.5  | 10        | 103                           | 125.4 | 135.5 | 142.7 | 145.4 | 147.4 |
| 12        | 9.4            | 15.0  | 16.8  | 18.0  | 18.1  | 19.0  | 12        | 111                           | 134.3 | 140.8 | 144.3 | 147.4 | 149.2 |
| 10 °C     |                |       |       |       |       |       |           |                               |       |       |       |       |       |
| 1         | 6.0            | 10.7  | 11.8  | 13.5  | 14.0  | 14.5  | 1         | 46.8                          | 61.0  | 72.1  | 82.5  | 84.5  | 87.6  |
| 2         | 6.1            | 12.5  | 13.4  | 16.2  | 17.0  | 17.8  | 2         | 57.1                          | 75.7  | 89.4  | 93.4  | 96.5  | 98.0  |
| 4         | 7.5            | 14.0  | 15.2  | 17.2  | 18.3  | 18.5  | 4         | 70.4                          | 90.2  | 107.6 | 109.1 | 112.2 | 115.3 |
| 6         | 9.0            | 15.7  | 16.7  | 18.2  | 18.6  | 19.8  | 6         | 82.2                          | 103.3 | 121.5 | 128.0 | 132.5 | 136.2 |
| 8         | 9.5            | 16.5  | 17.6  | 18.7  | 19.8  | 21.2  | 8         | 95.8                          | 118.5 | 132.3 | 138.6 | 143.3 | 145.1 |
| 10        | 10.4           | 17.8  | 18.2  | 20.7  | 22.0  | 24.3  | 10        | 116                           | 138.9 | 158.6 | 165.8 | 170.1 | 173.7 |
| 12        | 10.6           | 18.2  | 19.5  | 21.8  | 25.2  | 26.5  | 12        | 121                           | 145.8 | 165.4 | 171.3 | 175.6 | 177.9 |
| 20 °C     |                |       |       |       |       |       |           |                               |       |       |       |       |       |
| 1         | 6.3            | 11.5  | 14.5  | 17.3  | 21.5  | 21.7  | 1         | 65.9                          | 81.2  | 92.4  | 103.7 | 111.0 | 115.7 |
| 2         | 7.5            | 14.1  | 16.6  | 21.4  | 24.6  | 26.4  | 2         | 76.3                          | 95.4  | 113.0 | 124.8 | 134.0 | 140.5 |
| 4         | 8.1            | 15.0  | 21.5  | 29.1  | 31.6  | 34.1  | 4         | 84.1                          | 105.4 | 123.5 | 136.3 | 142.2 | 146.3 |
| 6         | 8.6            | 15.5  | 23.0  | 31.0  | 34.6  | 36.8  | 6         | 97.3                          | 120.9 | 135.1 | 147.5 | 154.6 | 158.2 |
| 8         | 9.1            | 17.5  | 23.6  | 34.0  | 37.5  | 39.5  | 8         | 118                           | 143.0 | 157.3 | 161.3 | 168.5 | 172.1 |
| 10        | 11.1           | 19.5  | 24.9  | 36.7  | 39.2  | 41.0  | 10        | 123                           | 148.5 | 160.3 | 168.5 | 174.3 | 177.4 |
| 12        | 12.5           | 22.5  | 28.7  | 38.7  | 41.4  | 42.7  | 12        | 131                           | 156.9 | 170.3 | 181.4 | 186.3 | 189.5 |
| 30 °C     |                |       |       |       |       |       |           |                               |       |       |       |       |       |
| 1         | 19.6           | 26.7  | 30.9  | 33.6  | 35.9  | 36.1  | 1         | 72.7                          | 88.5  | 96.6  | 105.4 | 111.2 | 116.4 |
| 2         | 21.5           | 32.3  | 33.4  | 35.5  | 37.8  | 39.1  | 2         | 85.5                          | 105.5 | 116.2 | 127.5 | 137.4 | 146.3 |
| 4         | 28.9           | 40.1  | 44.1  | 45.5  | 48.9  | 51.0  | 4         | 95.1                          | 117.1 | 137.8 | 145.5 | 154.5 | 168.5 |
| 6         | 36.4           | 48.1  | 50.7  | 53.2  | 54.5  | 57.2  | 6         | 110                           | 137.8 | 150.4 | 160.5 | 170.1 | 177.1 |
| 8         | 43.4           | 56.2  | 58.4  | 59.7  | 60.2  | 62.5  | 8         | 120                           | 150.3 | 165.1 | 177.5 | 187.9 | 193.2 |
| 10        | 45.8           | 58.8  | 62.6  | 64.2  | 65.6  | 66.5  | 10        | 126                           | 157.1 | 170.3 | 185.9 | 193.5 | 196.4 |
| 12        | 48.5           | 61.7  | 65.8  | 67.5  | 68.0  | 69.2  | 12        | 132                           | 164.4 | 178.1 | 192.3 | 199.1 | 201.9 |
| 40 °C     |                |       |       |       |       |       |           |                               |       |       |       |       |       |
| 1         | 30.9           | 38.4  | 45.3  | 50.7  | 54.9  | 56.5  | 1         | 83.7                          | 101.9 | 110.5 | 121.5 | 128.2 | 132.4 |
| 2         | 34.0           | 46.8  | 54.4  | 62.6  | 67.5  | 70.8  | 2         | 104                           | 125.1 | 132.4 | 145.5 | 155.5 | 163.5 |
| 4         | 48.3           | 62.5  | 82.6  | 85.0  | 87.0  | 90.3  | 4         | 115                           | 140.4 | 149.7 | 154.2 | 164.3 | 171.5 |
| 6         | 54.7           | 69.0  | 84.3  | 89.0  | 91.5  | 94.8  | 6         | 130                           | 158.0 | 162.8 | 168.2 | 170.3 | 178.5 |
| 8         | 60.6           | 75.5  | 86.4  | 90.5  | 94.8  | 98.4  | 8         | 144                           | 174.9 | 181.4 | 190.2 | 195.2 | 198.1 |
| 10        | 65.3           | 81.2  | 88.8  | 91.5  | 95.5  | 100.2 | 10        | 154                           | 185.9 | 196.3 | 203.5 | 210.3 | 215.3 |
| 12        | 68.0           | 83.9  | 90.2  | 92.8  | 98.4  | 104.3 | 12        | 163                           | 195.9 | 213.9 | 219.0 | 224.4 | 228.0 |
| 50 °C     |                |       |       |       |       |       |           |                               |       |       |       |       |       |
| 1         | 32.1           | 46.3  | 56.9  | 58.6  | 61.5  | 63.6  | 1         | 93.7                          | 112.4 | 124.3 | 133.9 | 142.5 | 148.3 |
| 2         | 36.5           | 60.5  | 78.1  | 82.4  | 92.6  | 102.6 | 2         | 112                           | 135.3 | 145.6 | 157.4 | 166.4 | 174.9 |
| 4         | 53.3           | 78.1  | 86.2  | 94.9  | 126.7 | 141.3 | 4         | 125                           | 158.4 | 172.5 | 193.7 | 206.9 | 215.3 |
| 6         | 75.4           | 100.5 | 106.5 | 122.4 | 139.9 | 154.8 | 6         | 141                           | 176.0 | 182.7 | 206.5 | 221.5 | 229.6 |
| 8         | 100.2          | 125.5 | 126.3 | 137.1 | 156.6 | 167.6 | 8         | 160                           | 195.5 | 217.4 | 233.4 | 245.2 | 252.8 |
| 10        | 106.1          | 136.1 | 142.0 | 152.2 | 174.6 | 179.6 | 10        | 178                           | 218.4 | 235.5 | 247.9 | 258.4 | 263.2 |
| 12        | 108.4          | 138.4 | 158.7 | 161.0 | 181.6 | 196.8 | 12        | 192                           | 234.6 | 250.1 | 260.6 | 269.8 | 275.7 |

**Organik atıkların toprakta üreaz aktivitesine ait termodinamik parametrelere etkisi**

Çizelge 2'nin devamı

| [S],<br>% | Çay atığı uygulanmış toprak |       |       |       |       |       |
|-----------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|           | Zaman, saat                 |       |       |       |       |       |
|           | 1                           | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     |
|           | 0 °C                        |       |       |       |       |       |
| 1         | 15.8                        | 21.9  | 31.9  | 32.0  | 33.8  | 34.9  |
| 2         | 17.0                        | 26.9  | 30.6  | 30.7  | 34.4  | 37.1  |
| 4         | 21.2                        | 32.4  | 33.1  | 33.4  | 37.6  | 40.3  |
| 6         | 30.4                        | 42.4  | 44.8  | 45.4  | 47.9  | 48.2  |
| 8         | 34.1                        | 48.1  | 49.9  | 50.3  | 52.0  | 52.3  |
| 10        | 36.8                        | 51.4  | 52.8  | 55.4  | 57.4  | 60.0  |
| 12        | 37.6                        | 52.5  | 55.2  | 57.7  | 58.3  | 62.9  |
|           | 10 °C                       |       |       |       |       |       |
| 1         | 21.2                        | 30.9  | 34.6  | 35.3  | 36.9  | 37.2  |
| 2         | 23.3                        | 34.5  | 38.9  | 40.6  | 43.0  | 50.1  |
| 4         | 27.5                        | 39.6  | 42.2  | 46.2  | 50.7  | 58.1  |
| 6         | 30.9                        | 45.3  | 46.6  | 51.5  | 59.5  | 64.8  |
| 8         | 35.8                        | 52.2  | 54.4  | 55.8  | 65.2  | 69.5  |
| 10        | 37.5                        | 57.2  | 61.1  | 63.2  | 70.4  | 76.6  |
| 12        | 38.1                        | 62.0  | 67.4  | 69.7  | 78.3  | 82.6  |
|           | 20 °C                       |       |       |       |       |       |
| 1         | 23.1                        | 33.9  | 38.5  | 43.5  | 47.7  | 53.7  |
| 2         | 26.9                        | 38.5  | 42.7  | 52.7  | 59.4  | 65.3  |
| 4         | 30.8                        | 43.7  | 59.4  | 67.4  | 73.8  | 85.8  |
| 6         | 33.3                        | 51.5  | 67.9  | 74.4  | 78.4  | 89.4  |
| 8         | 38.4                        | 65.1  | 70.4  | 76.3  | 83.9  | 92.4  |
| 10        | 42.3                        | 69.8  | 73.5  | 79.6  | 94.5  | 97.3  |
| 12        | 45.2                        | 72.8  | 77.4  | 85.6  | 96.3  | 101.5 |
|           | 30 °C                       |       |       |       |       |       |
| 1         | 27.7                        | 39.4  | 49.0  | 58.4  | 64.2  | 69.6  |
| 2         | 38.9                        | 53.0  | 69.0  | 77.3  | 81.4  | 88.5  |
| 4         | 47.6                        | 62.3  | 76.5  | 83.3  | 93.1  | 100.3 |
| 6         | 50.6                        | 72.1  | 81.2  | 94.9  | 100.7 | 127.1 |
| 8         | 53.2                        | 80.3  | 88.5  | 98.5  | 108.5 | 130.4 |
| 10        | 68.1                        | 96.4  | 107.6 | 110.4 | 116.5 | 135.4 |
| 12        | 75.4                        | 104.8 | 115.1 | 121.5 | 126.5 | 139.4 |
|           | 40 °C                       |       |       |       |       |       |
| 1         | 30.5                        | 45.4  | 49.8  | 58.6  | 69.7  | 73.5  |
| 2         | 33.2                        | 52.5  | 69.7  | 79.5  | 86.7  | 94.1  |
| 4         | 56.2                        | 75.6  | 81.4  | 93.1  | 101.2 | 112.1 |
| 6         | 67.2                        | 86.8  | 93.4  | 98.9  | 118.5 | 125.5 |
| 8         | 72.2                        | 95.8  | 104.4 | 112.8 | 129.5 | 134.6 |
| 10        | 76.2                        | 105.7 | 113.6 | 125.6 | 132.5 | 143.2 |
| 12        | 79.6                        | 110.7 | 118.4 | 129.4 | 140.5 | 149.9 |
|           | 50 °C                       |       |       |       |       |       |
| 1         | 32.0                        | 48.8  | 54.6  | 63.4  | 73.7  | 105.3 |
| 2         | 43.2                        | 70.2  | 85.1  | 98.0  | 122.6 | 139.0 |
| 4         | 64.3                        | 98.1  | 126.1 | 137.3 | 160.3 | 173.6 |
| 6         | 78.5                        | 127.7 | 143.0 | 151.6 | 171.9 | 194.3 |
| 8         | 84.5                        | 143.6 | 159.4 | 166.1 | 189.4 | 206.0 |
| 10        | 90.1                        | 155.9 | 181.5 | 193.0 | 228.7 | 242.2 |
| 12        | 95.4                        | 170.3 | 195.2 | 218.6 | 238.6 | 250.5 |

| [S],<br>% | Fındık zuruğu uygulanmış toprak |       |       |       |       |       |
|-----------|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|           | Zaman, saat                     |       |       |       |       |       |
|           | 1                               | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     |
|           | 0 °C                            |       |       |       |       |       |
| 1         | 6.6                             | 11.8  | 15.7  | 19.7  | 23.4  | 24.9  |
| 2         | 7.1                             | 13.6  | 17.0  | 23.6  | 25.6  | 26.8  |
| 4         | 10.6                            | 17.4  | 20.4  | 24.5  | 27.3  | 28.8  |
| 6         | 12.0                            | 19.7  | 22.7  | 25.1  | 28.9  | 30.3  |
| 8         | 13.5                            | 21.6  | 24.7  | 25.9  | 29.3  | 31.2  |
| 10        | 14.4                            | 23.5  | 25.9  | 27.7  | 30.2  | 32.5  |
| 12        | 17.9                            | 27.0  | 27.9  | 30.7  | 31.6  | 34.2  |
|           | 10 °C                           |       |       |       |       |       |
| 1         | 6.7                             | 15.9  | 20.7  | 23.2  | 24.5  | 29.4  |
| 2         | 7.9                             | 18.2  | 24.8  | 27.4  | 30.1  | 32.5  |
| 4         | 9.5                             | 21.3  | 25.4  | 28.7  | 31.9  | 32.8  |
| 6         | 11.2                            | 24.9  | 28.2  | 29.5  | 32.3  | 33.8  |
| 8         | 13.1                            | 27.0  | 29.5  | 31.8  | 33.5  | 34.9  |
| 10        | 14.7                            | 28.6  | 33.3  | 34.6  | 35.1  | 36.3  |
| 12        | 15.8                            | 30.1  | 35.1  | 37.5  | 38.1  | 38.8  |
|           | 20 °C                           |       |       |       |       |       |
| 1         | 12.3                            | 20.9  | 25.1  | 35.6  | 38.5  | 46.3  |
| 2         | 14.2                            | 25.4  | 29.5  | 43.5  | 47.7  | 55.5  |
| 4         | 17.0                            | 29.2  | 35.8  | 52.9  | 59.7  | 63.2  |
| 6         | 19.0                            | 34.5  | 42.7  | 55.4  | 62.5  | 66.3  |
| 8         | 21.2                            | 44.3  | 50.8  | 58.6  | 63.3  | 67.4  |
| 10        | 22.7                            | 48.9  | 52.6  | 60.4  | 65.1  | 68.4  |
| 12        | 24.6                            | 51.0  | 54.0  | 63.3  | 67.6  | 71.0  |
|           | 30 °C                           |       |       |       |       |       |
| 1         | 23.9                            | 35.3  | 39.8  | 41.1  | 44.6  | 46.6  |
| 2         | 31.9                            | 45.9  | 55.3  | 69.2  | 75.4  | 79.1  |
| 4         | 44.8                            | 59.5  | 65.6  | 76.0  | 80.4  | 82.3  |
| 6         | 55.2                            | 70.7  | 75.5  | 79.5  | 81.3  | 84.4  |
| 8         | 59.1                            | 76.0  | 88.4  | 91.5  | 94.4  | 96.4  |
| 10        | 61.9                            | 80.8  | 90.5  | 93.2  | 97.4  | 102.6 |
| 12        | 66.0                            | 85.3  | 95.2  | 100.8 | 106.4 | 109.3 |
|           | 40 °C                           |       |       |       |       |       |
| 1         | 31.7                            | 44.2  | 47.8  | 56.9  | 61.4  | 65.4  |
| 2         | 36.3                            | 51.5  | 66.5  | 71.7  | 76.6  | 88.9  |
| 4         | 58.7                            | 74.5  | 77.6  | 84.7  | 95.4  | 102.1 |
| 6         | 65.4                            | 82.5  | 85.9  | 97.3  | 110.0 | 122.0 |
| 8         | 70.2                            | 93.4  | 98.4  | 114.8 | 121.4 | 133.7 |
| 10        | 81.7                            | 110.9 | 122.7 | 131.0 | 137.7 | 149.9 |
| 12        | 87.7                            | 117.6 | 130.5 | 140.4 | 151.3 | 163.5 |
|           | 50 °C                           |       |       |       |       |       |
| 1         | 52.5                            | 68.3  | 79.0  | 90.1  | 110.3 | 127.0 |
| 2         | 57.4                            | 82.8  | 97.9  | 101.1 | 138.6 | 169.9 |
| 4         | 71.3                            | 103.0 | 123.7 | 140.8 | 167.8 | 186.4 |
| 6         | 81.3                            | 130.2 | 139.2 | 148.1 | 184.3 | 198.3 |
| 8         | 87.9                            | 146.6 | 159.3 | 170.3 | 193.0 | 227.5 |
| 10        | 92.1                            | 157.5 | 178.2 | 183.7 | 226.2 | 241.7 |
| 12        | 110                             | 177.3 | 208.3 | 223.1 | 236.3 | 247.4 |

Çizelge 2'nin devamı

| [S],<br>% | Buğday samanı uygulanmış toprak |       |       |       |       |       |
|-----------|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|           | Zaman, saat                     |       |       |       |       |       |
|           | 1                               | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     |
| 0 °C      |                                 |       |       |       |       |       |
| 1         | 6.5                             | 10.6  | 12.2  | 13.8  | 15.2  | 18.1  |
| 2         | 8.7                             | 13.9  | 14.0  | 16.1  | 18.1  | 21.0  |
| 4         | 10.5                            | 15.9  | 16.6  | 20.0  | 22.4  | 23.0  |
| 6         | 12.3                            | 17.9  | 20.8  | 21.1  | 22.1  | 24.2  |
| 8         | 13.1                            | 19.0  | 23.0  | 24.2  | 25.8  | 27.2  |
| 10        | 15.5                            | 22.2  | 23.3  | 25.8  | 28.9  | 30.9  |
| 12        | 16.4                            | 23.4  | 23.6  | 26.4  | 29.1  | 31.3  |
| 10 °C     |                                 |       |       |       |       |       |
| 1         | 7.8                             | 13.0  | 16.1  | 16.9  | 22.2  | 24.4  |
| 2         | 10.1                            | 16.5  | 17.2  | 19.7  | 25.3  | 30.1  |
| 4         | 11.7                            | 18.4  | 21.8  | 23.0  | 27.9  | 32.7  |
| 6         | 13.4                            | 21.0  | 25.7  | 26.9  | 28.8  | 33.1  |
| 8         | 13.8                            | 21.7  | 27.8  | 30.9  | 33.2  | 34.5  |
| 10        | 14.3                            | 22.3  | 29.6  | 33.4  | 34.6  | 37.3  |
| 12        | 15.1                            | 26.5  | 30.5  | 35.3  | 36.8  | 39.4  |
| 20 °C     |                                 |       |       |       |       |       |
| 1         | 14.0                            | 22.1  | 26.0  | 30.4  | 34.2  | 36.4  |
| 2         | 14.6                            | 24.8  | 29.9  | 34.1  | 38.1  | 40.3  |
| 4         | 15.5                            | 26.4  | 38.3  | 41.1  | 45.2  | 48.9  |
| 6         | 20.3                            | 31.7  | 39.5  | 44.8  | 47.7  | 53.3  |
| 8         | 22.8                            | 34.4  | 39.8  | 46.9  | 50.0  | 58.6  |
| 10        | 26.0                            | 38.5  | 43.1  | 47.9  | 54.5  | 62.2  |
| 12        | 30.5                            | 43.3  | 48.7  | 52.1  | 61.2  | 65.9  |
| 30 °C     |                                 |       |       |       |       |       |
| 1         | 16.3                            | 24.8  | 26.2  | 35.6  | 42.3  | 45.5  |
| 2         | 18.6                            | 29.9  | 33.5  | 39.0  | 47.3  | 52.1  |
| 4         | 24.7                            | 38.2  | 51.8  | 54.1  | 59.3  | 62.3  |
| 6         | 36.9                            | 52.0  | 58.3  | 62.6  | 71.3  | 75.4  |
| 8         | 41.1                            | 56.7  | 61.0  | 65.4  | 76.2  | 80.4  |
| 10        | 46.1                            | 62.2  | 66.5  | 73.5  | 80.5  | 85.9  |
| 12        | 52.0                            | 68.5  | 77.5  | 83.2  | 90.6  | 98.9  |
| 40 °C     |                                 |       |       |       |       |       |
| 1         | 30.5                            | 39.4  | 47.0  | 58.5  | 67.1  | 72.9  |
| 2         | 33.5                            | 46.7  | 54.9  | 68.5  | 78.5  | 84.1  |
| 4         | 50.8                            | 65.1  | 78.7  | 82.7  | 88.7  | 97.2  |
| 6         | 54.2                            | 70.1  | 81.0  | 94.5  | 98.8  | 103.0 |
| 8         | 58.8                            | 77.2  | 91.7  | 105.2 | 112.8 | 125.4 |
| 10        | 68.7                            | 88.7  | 119.2 | 128.9 | 137.7 | 145.4 |
| 12        | 82.5                            | 107.2 | 129.2 | 136.6 | 142.2 | 150.5 |
| 50 °C     |                                 |       |       |       |       |       |
| 1         | 33.1                            | 48.6  | 65.7  | 77.9  | 88.1  | 97.8  |
| 2         | 35.3                            | 60.4  | 72.2  | 82.0  | 94.8  | 103.8 |
| 4         | 46.7                            | 76.5  | 86.3  | 94.9  | 109.0 | 129.7 |
| 6         | 65.1                            | 95.2  | 106.9 | 131.6 | 150.2 | 163.0 |
| 8         | 78.0                            | 115.2 | 136.4 | 159.1 | 210.1 | 224.1 |
| 10        | 115.7                           | 154.5 | 164.6 | 181.0 | 239.9 | 244.3 |
| 12        | 129.1                           | 172.5 | 186.5 | 202.0 | 227.5 | 254.3 |

[6.6, 247.4] ve [6.5, 254.3] gibi geniş aralıklarda değişmiştir. Tütün ve çay atığı ilavesinin fındık zurufu ve buğday samanı ilavesine göre üreaz aktivitesini daha fazla artırdığı saptanmıştır. Üreaz aktivitesindeki bu değişimlerin sebebi, organik materyallerin

kimyasal bileşimindeki farklılıklarla ilgili olmaktadır (Hadas ve ark., 2004; Kızılkaya ve Bayraklı, 2005; Kızılkaya ve ark., 2007; Kızılkaya ve Ekberli, 2008). Denemede kullanılan tütün ve çay atığının C/N oranı fındık zurufuna ve buğday samanına göre daha düşük seviyededir. Ayrıca inkübasyon sürecinde C/N oranının mümkün olan değişimi de, büyük olasılıkla üreaz aktivitesine etki yapmaktadır. Organik bileşiklerin C/N oranı daraldıkça parçalanma ve ayrışma hızı artmaktadır (Alexander, 1977; Kızılkaya ve ark., 2007). Bu durum tütün ve çay atığının topraktaki parçalanma ve ayrışmasının fındık zurufuna ve buğday samanına göre nispeten kolay ve hızlı olduğunu göstermektedir. Kontrol ve atık uygulanmış topraklarda üreaz aktivitesi inkübasyon sıcaklığının [40, 50 °C] aralığında substrat konsantrasyonuna bağlı olarak daha hızlı artış göstermiş, tüm uygulamalarda en yüksek enzim aktivitesi 50°C 'de oluşmuştur. Birçok araştırmacı tarafından sıcaklık artışının topraktaki enzim-substrat kompleksinin oluşumunu ve dağılımını hızlandırdığı, dolayısıyla enzim aktivitesini termal inaktif durumuna kadar artırdığı gösterilmiş ve toprak enzimleri için optimum sıcaklığın 40-65°C' de olduğu saptanmıştır (Kiss ve ark., 1975; Skujins, 1976, 1978; Khaziev, 1982; Kızılkaya ve ark., 2007).

Kontrol ve organik atık ilave edilmiş toprakta artan substrat konsantrasyonlarında ve farklı inkübasyon sıcaklıklarında, Arrhenius grafiğinden kullanılarak hesaplanan termodinamik parametrelerin ( $E_a$ -aktivasyon enerjisi, entalpi ( $\Delta H$ ) ve entropi ( $\Delta S$ ) değişimi,  $\Delta G$  - Gibbs enerjisi) değerleri Çizelge 3'de verilmiştir.

Reaksiyona giren maddelerin ürünleri oluşturmak için sahip olması gereken minimum kinetik enerjiyi ifade eden aktivasyon enerjisi (Dalal, 1975), tüm uygulamalarda substrat konsantrasyonuna bağlı olarak artış göstermiştir. Bu artışın nedeni, substrat konsantrasyonunun artışına bağlı olarak daha fazla miktarda oluşan substrat-enzim kompleksinin oluşmasıdır. Tüm organik atık uygulamalarında aktivasyon enerjisi kontrole göre azalmaktadır. Dolayısıyla reaksiyonun enerji engelini azalması sonucunda enzim-substrat kompleksinden ürün oluşumu artmaktadır. Toprağa tütün ve çay atığı uygulaması, fındık zurufu ve buğday samanı uygulaması ile karşılaştırıldığında, üreaz enziminin katalizlediği biyokimyasal reaksiyonun enerji engelini daha fazla azalttığı saptanmıştır. Dolayısıyla, enerjisi aktivasyon enerjisinden daha fazla olan molekül sayısı artmakta ve reaksiyonun hızı ile ürün oluşumunu hızlandırmaktadır (Ekberli ve ark., 2006). Ayrıca tüm uygulamalarda % 8-12 substrat konsantrasyonlarında aktivasyon enerjisi çok düşük düzeyde değişim göstermektedir. Her bir reaksiyondan hesaplanan ve o reaksiyona ait olan  $A$  katsayısının fındık zurufu uygulamasında geniş ( $[54,104-8196,807] \mu\text{g g}^{-1} \text{dak}^{-1}$ ), tütün atığı uygulamasında ise çok dar bir aralıkta ( $[2,209-23,682] \mu\text{g g}^{-1} \text{dak}^{-1}$ ) değiştiği belirlenmiştir.

**Organik atıkların toprakta üreaz aktivitesine ait termodinamik parametrelere etkisi**

Çizelge 3. Kontrol ve % 5 düzeyinde farklı organik atıklar uygulanmış toprakta farklı sıcaklık düzeyleri ile inkübasyon dönemlerinde belirlenen termodinamik parametreler

| Termodinamik parametreler               | Kontrol toprak             |          |          |          |          |          |          |
|---|----------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|   | Substrat Konsantrasyonu, % |          |          |          |          |          |          |
|   | 1                          | 2        | 4        | 6        | 8        | 10       | 12       |
| Ea, kJmol <sup>-1</sup>                 | 17.035                     | 21.342   | 22.190   | 22.282   | 22.140   | 23.803   | 22.847   |
| A, µg g <sup>-1</sup> dak <sup>-1</sup> | 105.742                    | 887.138  | 1307.667 | 1376.088 | 1387.141 | 2861.210 | 2024.342 |
| ΔH, kJmol <sup>-1</sup>                 | 14.547                     | 18.873   | 19.729   | 19.812   | 19.679   | 21.342   | 20.378   |
| ΔS, J mol <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> | -214.435                   | -196.759 | -193.542 | -193.109 | -193.051 | -187.032 | -189.900 |
| ΔG(273.15), kJmol <sup>-1</sup>         | 73.147                     | 72.618   | 72.595   | 72.560   | 72.411   | 72.430   | 72.249   |
| ΔG( 283.15), kJmol <sup>-1</sup>        | 75.291                     | 74.585   | 74.530   | 74.491   | 74.341   | 74.300   | 74.148   |
| ΔG( 293.15), kJmol <sup>-1</sup>        | 77.436                     | 76.553   | 76.466   | 76.422   | 76.272   | 76.170   | 76.047   |
| ΔG( 303.15), kJmol <sup>-1</sup>        | 79.580                     | 78.520   | 78.401   | 78.353   | 78.202   | 78.041   | 77.946   |
| ΔG( 313.15), kJmol <sup>-1</sup>        | 81.724                     | 80.488   | 80.337   | 80.840   | 80.133   | 79.911   | 79.845   |
| ΔG( 323.15), kJmol <sup>-1</sup>        | 83.869                     | 82.456   | 82.272   | 82.215   | 82.063   | 81.810   | 81.744   |
| Tütün atığı uygulanmış toprak           |                            |          |          |          |          |          |          |
| Ea, kJmol <sup>-1</sup>                 | 5.255                      | 5.656    | 9.401    | 10.034   | 9.266    | 8.583    | 8.341    |
| A, µg g <sup>-1</sup> dak <sup>-1</sup> | 2.209                      | 3.187    | 16.738   | 23.682   | 18.741   | 15.354   | 14.508   |
| ΔH, kJmol <sup>-1</sup>                 | 2.786                      | 3.190    | 6.936    | 7.567    | 6.799    | 6.117    | 5.876    |
| ΔS, J mol <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> | -246.631                   | -243.574 | -229.781 | -226.899 | -228.846 | -230.500 | -230.969 |
| ΔG(273.15), kJmol <sup>-1</sup>         | 70.154                     | 69.722   | 69.700   | 69.545   | 69.308   | 69.078   | 68.965   |
| ΔG( 283.15), kJmol <sup>-1</sup>        | 72.620                     | 72.158   | 71.998   | 71.814   | 71.597   | 71.383   | 71.275   |
| ΔG( 293.15), kJmol <sup>-1</sup>        | 75.086                     | 74.594   | 74.296   | 74.083   | 73.885   | 73.688   | 73.584   |
| ΔG( 303.15), kJmol <sup>-1</sup>        | 77.553                     | 77.029   | 76.594   | 76.352   | 76.174   | 75.993   | 75.894   |
| ΔG( 313.15), kJmol <sup>-1</sup>        | 80.019                     | 79.465   | 78.891   | 78.621   | 78.462   | 78.298   | 78.204   |
| ΔG( 323.15), kJmol <sup>-1</sup>        | 82.485                     | 81.901   | 81.189   | 80.890   | 80.750   | 80.603   | 80.514   |
| Çay atığı uygulanmış toprak             |                            |          |          |          |          |          |          |
| Ea, kJmol <sup>-1</sup>                 | 13.563                     | 14.254   | 14.593   | 16.906   | 17.291   | 18.271   | 18.565   |
| A, µg g <sup>-1</sup> dak <sup>-1</sup> | 44.849                     | 77.494   | 97.984   | 313.500  | 452.325  | 746.354  | 904.787  |
| ΔH, kJmol <sup>-1</sup>                 | 11.093                     | 11.788   | 12.128   | 14.446   | 14.829   | 15.808   | 16.104   |
| ΔS, J mol <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> | -221.600                   | -217.043 | -215.084 | -205.399 | -202.359 | -198.199 | -196.590 |
| ΔG(273.15), kJmol <sup>-1</sup>         | 71.623                     | 71.073   | 70.879   | 70.551   | 70.103   | 69.946   | 69.803   |
| ΔG( 283.15), kJmol <sup>-1</sup>        | 73.839                     | 73.243   | 73.030   | 72.605   | 72.127   | 71.928   | 71.769   |
| ΔG( 293.15), kJmol <sup>-1</sup>        | 76.055                     | 75.414   | 75.180   | 74.659   | 74.150   | 73.910   | 73.735   |
| ΔG( 303.15), kJmol <sup>-1</sup>        | 78.271                     | 77.584   | 77.331   | 76.713   | 76.174   | 75.892   | 75.701   |
| ΔG( 313.15), kJmol <sup>-1</sup>        | 80.487                     | 79.754   | 79.482   | 78.767   | 78.198   | 77.874   | 77.666   |
| ΔG( 323.15), kJmol <sup>-1</sup>        | 82.703                     | 81.925   | 81.633   | 80.821   | 80.221   | 79.856   | 79.632   |
| Fındık zuru uygulanmış toprak           |                            |          |          |          |          |          |          |
| Ea, kJmol <sup>-1</sup>                 | 14.323                     | 17.181   | 18.031   | 20.495   | 23.207   | 24.570   | 24.673   |
| A, µg g <sup>-1</sup> dak <sup>-1</sup> | 54.104                     | 220.699  | 342.784  | 1109.983 | 3947.746 | 7715.604 | 8196.807 |
| ΔH, kJmol <sup>-1</sup>                 | 11.858                     | 14.718   | 15.570   | 18.037   | 20.741   | 22.102   | 22.204   |
| ΔS, J mol <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> | -220.026                   | -208.331 | -204.662 | -194.884 | -184.360 | -178.800 | -178.296 |
| ΔG(273.15), kJmol <sup>-1</sup>         | 71.958                     | 71.624   | 71.473   | 71.270   | 71.098   | 70.941   | 70.907   |
| ΔG( 283.15), kJmol <sup>-1</sup>        | 74.158                     | 73.707   | 73.520   | 73.218   | 72.942   | 72.729   | 72.690   |
| ΔG( 293.15), kJmol <sup>-1</sup>        | 76.359                     | 75.790   | 75.566   | 75.167   | 74.786   | 74.517   | 74.473   |
| ΔG( 303.15), kJmol <sup>-1</sup>        | 78.559                     | 77.874   | 77.613   | 77.116   | 76.629   | 76.305   | 76.256   |
| ΔG( 313.15), kJmol <sup>-1</sup>        | 80.759                     | 79.957   | 79.660   | 79.065   | 78.473   | 78.093   | 78.039   |
| ΔG( 323.15), kJmol <sup>-1</sup>        | 82.959                     | 82.040   | 81.706   | 81.014   | 80.316   | 79.881   | 79.822   |
| Buğday samanı uygulanmış toprak         |                            |          |          |          |          |          |          |
| Ea, kJmol <sup>-1</sup>                 | 17.189                     | 21.224   | 23.044   | 22.856   | 25.093   | 24.579   | 24.414   |
| A, µg g <sup>-1</sup> dak <sup>-1</sup> | 134.290                    | 931.504  | 2148.876 | 2138.586 | 5760.618 | 4960.689 | 5272.184 |
| ΔH, kJmol <sup>-1</sup>                 | 14.723                     | 18.756   | 20.578   | 20.390   | 22.628   | 22.112   | 21.948   |
| ΔS, J mol <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> | -212.477                   | -196.370 | -189.416 | -189.456 | -181.217 | -182.465 | -181.955 |
| ΔG(273.15), kJmol <sup>-1</sup>         | 72.761                     | 72.394   | 72.317   | 72.140   | 72.127   | 71.952   | 71.649   |
| ΔG( 283.15), kJmol <sup>-1</sup>        | 74.885                     | 74.358   | 74.212   | 74.034   | 73.939   | 73.777   | 73.468   |
| ΔG( 293.15), kJmol <sup>-1</sup>        | 77.010                     | 76.322   | 76.106   | 75.929   | 75.752   | 75.601   | 75.288   |
| ΔG( 303.15), kJmol <sup>-1</sup>        | 79.135                     | 78.286   | 78.000   | 77.823   | 77.564   | 77.426   | 77.108   |
| ΔG( 313.15), kJmol <sup>-1</sup>        | 81.260                     | 80.249   | 79.894   | 79.718   | 79.376   | 79.251   | 78.927   |
| ΔG( 323.15), kJmol <sup>-1</sup>        | 83.385                     | 82.213   | 81.788   | 81.612   | 81.188   | 81.075   | 80.747   |

Bununla beraber, A katsayısının %6'lık substrat konsantrasyonuna değin artan substrat konsantrasyonuna bağlı olarak artış gösterdiği ve daha sonraki artan konsantrasyonlarda ise azalma eğilimi içerisinde bulunduğu saptanmıştır. Tütün atığı uygulamasındaki A katsayısının düşüklüğü ile %8-12'lik yüksek substrat konsantrasyonlarında meydana gelen azalmadaki bu durum, ürün oluşum hızının daha yüksek olmasından veya diğer bir ifade ile maksimum hıza daha çabuk ulaşmasından kaynaklanabilmektedir.

Aktivasyon enerjisinin  $\Delta H$  entalpisinin yüksek olması, enzim substrat kompleksinin oluşumu ve dağılımında daha fazla enerji gerekliliğini göstermektedir (Kornish-Bouden,1979; Aliev ve ark.,1984). Genellikle, kontrol toprakla karşılaştırıldığında, organik atık uygulamalarında substrat konsantrasyonuna ve aktivasyon enerjisine bağlı olarak  $\Delta H$  değerlerinin azaldığı ve  $\Delta H > 0$  olarak sürecin endotermik olduğu saptanmıştır. Tütün atığı uygulamasında ise  $\Delta H$  değerleri daha düşük düzeyde olup, enzim substrat kompleksinden ürün oluşumu daha çabuk gerçekleşmektedir.

Aktivasyonun  $\Delta S$  entropisi moleküler düzensizliğin (yapısal değişimin) bir ölçüsü olup, tepkime sonucu bir durumdan diğerine gitmenin daha fazla mümkün olup olmadığını ifade etmektedir (Atkins, 2001).  $\Delta S$  entropi değerinin yüksek ve negatif olması durumunda, reaksiyonun başlanmasından önce "geçit" durumunun oluşumu için, enzimin aktif merkezinde moleküllerin düzenli yapıyı oluşturması gerekmektedir. Tüm uygulamalarda  $\Delta S$  entropi değerlerinin negatif ve düşük olduğu (Aliev ve ark.,1984), artan substrat konsantrasyonu ile  $\Delta S$  değerlerinin artması, buna karşın %10-12 substrat düzeylerinde stabilleşmesi ve en yüksek değere ulaştığı saptanmıştır. Genellikle, kontrol toprağıyla karşılaştırıldığında, organik atık uygulamalarında  $\Delta S$  değerleri azalmaktadır. Buğday samanı uygulamasında ise  $\Delta S$ 'nin değişimi çok düşük düzeyde ve pozitif yönde gerçekleşmiştir. Bunun ise uygulanan buğday samanının kimyasal özelliklerinden (örneğin, C/N oranı vb.) kaynaklandığı düşünülmektedir.

Elde edilen sonuçlara göre, kontrol ve organik atık uygulanmış toprakta enzim-substrat kompleksinin oluşumu endotermik bir süreç olup ( $\Delta H > 0$ ),  $\Delta S$  değerleri düşük düzeyde değişmekte ve substrat artışına bağlı olarak üreaz aktivitesi belirli bir düzeye kadar artmaktadır.

$\Delta G$  Gibbs serbest enerjisi entalpi ve entropinin bir fonksiyonu olup, her hangi bir reaksiyonun yürütmesi için kullanılabilir serbest enerji değişikliğini ifade etmektedir (Atkins, 2001; Aliev ve ark.,1984). Enzim-substrat kompleksinin dağılımında sarf olunan enerjiyi, dolayısıyla bu sürecin denge durumunu ifade eden  $\Delta G$  parametresi, her bir inkübasyon

sıcaklığında substrat artışına bağlı olarak azalarak sabit değere yaklaşmaktadır.

Her bir substrat konsantrasyonunda ise, sıcaklığın yükselmesi ile artış göstermektedir. Tüm uygulamalarda Gibbs serbest enerjileri [68.965; 83.869] aralığında değişmekte ve değerler arasındaki farklar düşük düzeyde olmaktadır. Genellikle, tütün ve çay atığı uygulamasında en düşük değerler belirlenmiştir. Bu ise, bu uygulamalarda üreaz enzim aktivitesinin oluşumunun daha hızlı ve az enerji sarf edilerek gerçekleştiğini göstermektedir. Tüm uygulamalardaki %10-12 substrat konsantrasyonunda  $\Delta G$  değerleri arasındaki farkın çok düşük olması, bu konsantrasyonlarda enzim-substrat kompleksinin oluşumu ve dağılımında dengeye en yakın koşulların olduğunu ortaya koymaktadır.

Sıcaklıkta 10°C lık bir artışın biyolojik bir olayın hızında yaptığı artış faktörü olan  $Q_{10}$  veya sıcaklık katsayısı, kontrol ve organik atık uygulanmış toprakta düşük düzeyde farklılıklar göstermektedir (Çizelge 4). Tüm substrat konsantrasyonlarında düşük  $Q_{10}$  değerlerinin tütün uygulanmış toprakta, yüksek değerlerin ise buğday samanı uygulanmış toprakta olduğu saptanmıştır. Yani, tütün uygulanmış toprakta enzim-substrat konsantrasyonundan ürün oluşumuna sıcaklığın etkisi daha fazladır. Genel olarak, termodinamik parametreler içerisinde  $Q_{10}$  ile ilgili mevcut veriler daha az olup, bu çalışmada elde edilen değerler literatürlerde bildirilen dağılım [1.1-1.8] aralığındadır (Trasar-Cepeda ve Gil-Sotres, 1988; Frankenberger ve Tabatabai, 1991a,b; Trasar-Cepedaa ve ark., 2007)

Bu çalışmada, killi tın (CL) bünyeye sahip toprakta kontrol ve organik atık uygulamasında üreaz aktivitesinin değişiminin ve termodinamik parametrelerin belirlenmesi sonucunda, farklı substrat konsantrasyonlarında ve sıcaklıklarda organik atıkların üreaz aktivitesine ve termodinamik parametrelerine etkisinin organik atıkların ve toprağın özelliklerine bağlı olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca üreaz enziminin topraktaki davranışı büyük ölçüde enzimin kendi özelliklerine de bağlıdır. Diğer taraftan, sıcaklığın çeşitli enzimlerin aktivitelerini nasıl etkilediği hakkındaki bilgiler biyolojik aktiviteyi de kapsamaktadır. Biyolojik aktivite ise, termodinamik parametrelerin ekolojik önemleri, enzim-substrat kompleksinden ürün oluşumu sürecinde enerji değişimleri hakkında tahmin vermektedir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlardan hareketle, diğer enzimlerin ve onlara ait termodinamik parametrelerin; farklı substrat konsantrasyonlarını, sıcaklık derecelerini ve toprak tiplerini de içerecek düzeyde araştırılmasında yarar olacağı sonucuna da varılmıştır.



**Organik atıkların toprakta üreaz aktivitesine ait termodinamik parametrelere etkisi**

Çizelge 4. Kontrol ve % 5 düzeyinde farklı organik atıklar uygulanmış toprakta farklı substrat [S] düzeyleri ile inkübasyon dönemlerinde belirlenen  $Q_{10}$  katsayıları

| Uygulama                        | $Q_{10}$     |       |       |       |       |       |
|---------------------------------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                 | Sıcaklık. °C |       |       |       |       |       |
|                                 | 0            | 10    | 20    | 30    | 40    | 50    |
| [S] = %1                        |              |       |       |       |       |       |
| Kontrol toprak                  | 1.303        | 1.280 | 1.259 | 1.241 | 1.224 | 1.210 |
| Tütün atığı uygulanmış toprak   | 1.085        | 1.079 | 1.074 | 1.069 | 1.065 | 1.061 |
| Çay atığı uygulanmış toprak     | 1.235        | 1.217 | 1.202 | 1.188 | 1.175 | 1.164 |
| Fındık zurufu uygulanmış toprak | 1.250        | 1.231 | 1.214 | 1.200 | 1.186 | 1.174 |
| Buğday samanı uygulanmış toprak | 1.307        | 1.283 | 1.262 | 1.243 | 1.227 | 1.212 |
| [S] = % 2                       |              |       |       |       |       |       |
| Kontrol toprak                  | 1.394        | 1.362 | 1.335 | 1.311 | 1.289 | 1.269 |
| Tütün atığı uygulanmış toprak   | 1.092        | 1.085 | 1.080 | 1.074 | 1.070 | 1.065 |
| Çay atığı uygulanmış toprak     | 1.248        | 1.229 | 1.213 | 1.198 | 1.185 | 1.173 |
| Fındık zurufu uygulanmış toprak | 1.306        | 1.283 | 1.262 | 1.243 | 1.227 | 1.212 |
| Buğday samanı uygulanmış toprak | 1.391        | 1.360 | 1.333 | 1.309 | 1.287 | 1.268 |
| [S] = % 4                       |              |       |       |       |       |       |
| Kontrol toprak                  | 1.412        | 1.379 | 1.350 | 1.325 | 1.302 | 1.281 |
| Tütün atığı uygulanmış toprak   | 1.157        | 1.146 | 1.136 | 1.127 | 1.118 | 1.111 |
| Çay atığı uygulanmış toprak     | 1.255        | 1.236 | 1.218 | 1.203 | 1.189 | 1.177 |
| Fındık zurufu uygulanmış toprak | 1.324        | 1.299 | 1.276 | 1.257 | 1.239 | 1.223 |
| Buğday samanı uygulanmış toprak | 1.431        | 1.396 | 1.366 | 1.340 | 1.315 | 1.294 |
| [S] = % 6                       |              |       |       |       |       |       |
| Kontrol toprak                  | 1.414        | 1.381 | 1.352 | 1.326 | 1.303 | 1.283 |
| Tütün atığı uygulanmış toprak   | 1.169        | 1.157 | 1.146 | 1.136 | 1.127 | 1.119 |
| Çay atığı uygulanmış toprak     | 1.301        | 1.278 | 1.257 | 1.239 | 1.223 | 1.208 |
| Fındık zurufu uygulanmış toprak | 1.375        | 1.346 | 1.320 | 1.297 | 1.276 | 1.257 |
| Buğday samanı uygulanmış toprak | 1.427        | 1.393 | 1.363 | 1.336 | 1.312 | 1.291 |
| [S] = % 8                       |              |       |       |       |       |       |
| Kontrol toprak                  | 1.411        | 1.378 | 1.349 | 1.324 | 1.301 | 1.281 |
| Tütün atığı uygulanmış toprak   | 1.155        | 1.144 | 1.134 | 1.125 | 1.116 | 1.109 |
| Çay atığı uygulanmış toprak     | 1.309        | 1.285 | 1.264 | 1.245 | 1.228 | 1.213 |
| Fındık zurufu uygulanmış toprak | 1.435        | 1.400 | 1.369 | 1.342 | 1.318 | 1.296 |
| Buğday samanı uygulanmış toprak | 1.477        | 1.439 | 1.404 | 1.374 | 1.348 | 1.324 |
| [S] = % 10                      |              |       |       |       |       |       |
| Kontrol toprak                  | 1.448        | 1.412 | 1.380 | 1.352 | 1.327 | 1.305 |
| Tütün atığı uygulanmış toprak   | 1.143        | 1.132 | 1.123 | 1.115 | 1.107 | 1.101 |
| Çay atığı uygulanmış toprak     | 1.329        | 1.303 | 1.281 | 1.261 | 1.243 | 1.227 |
| Fındık zurufu uygulanmış toprak | 1.465        | 1.428 | 1.395 | 1.365 | 1.339 | 1.316 |
| Buğday samanı uygulanmış toprak | 1.466        | 1.428 | 1.395 | 1.365 | 1.339 | 1.316 |
| [S] = % 12                      |              |       |       |       |       |       |
| Kontrol toprak                  | 1.427        | 1.393 | 1.362 | 1.336 | 1.312 | 1.291 |
| Tütün atığı uygulanmış toprak   | 1.139        | 1.129 | 1.120 | 1.112 | 1.104 | 1.098 |
| Çay atığı uygulanmış toprak     | 1.335        | 1.309 | 1.286 | 1.265 | 1.247 | 1.231 |
| Fındık zurufu uygulanmış toprak | 1.468        | 1.430 | 1.397 | 1.367 | 1.341 | 1.317 |
| Buğday samanı uygulanmış toprak | 1.417        | 1.384 | 1.354 | 1.328 | 1.305 | 1.285 |

**KAYNAKLAR**

Alexander, M., 1977. Introduction to Soil Microbiology, Second Edition John Wiley Sons. Inc. New York, USA.  
 Aliev, S. A., Gadgiev, D.A. and Mikailov, F.D., 1984. Kinetic and thermodynamic characteristics of enzymes – invertasa and ureaza in Azerbaijan soils. Soviet Soil Science 11: 55-66.  
 Arrhenius, S., 1889. Über die Reaktionsgeschwindigkeit bei der Inversion von Rohrzucker durch Säuren. Zeitschrift für Physik Chemie, 4: 226-248.

Atkins, P.W., 2001. Fizikokimya. Bilim Yayıncılık, Ankara.  
 Candemir, F., Gulser, C., 2007. Changes in some chemical and physical properties of a sandy clay loam soil during the decomposition of hazelnut husk. Asian Journal of Chemistry, 19(3): 2452-2460.  
 Dalal, R.C., 1975. Effect of toluene on the energy barriers in urease activity of soils. Soil. Sci., 120(4): 256-260.  
 Demir, Z., Gulser, C., 2008. Changes in organic carbon,  $NO_3^-$ -N, electrical conductivity values and soil respiration along a soil depth due to surface application

- of organic wastes. *Asian Journal of Chemistry*, 20(3): 2011-2021.
- Devyatova, T.A., 2006. Enzymatic activity of leached chernozem upon long-term application of fertilizers. *Agroximiya*, 1: 12-15.
- Ekberli, I., R. Kızılkaya and N. Kars, 2006. Urease enzyme and its kinetic and thermodynamic parameters in clay loam soil. *Asian Journal of Chemistry*, 18(4): 3097-3105.
- Frankenberger Jr., W.T., Tabatabai, M.A., 1991a. L-Asparaginase activity of soils. *Biology and Fertility of Soils*, 11: 6-12.
- Frankenberger Jr., W.T., Tabatabai, M.A., 1991b. L-Glutaminase activity of soils. *Soil Biology & Biochemistry*, 23: 869-874.
- Gulser, C., Candemir, F., 2004. Changes in Atterberg limits with different organic waste application. In: *Proceedings of International Soil Congress (ISC) on Natural Resource Management for Sustainable Development*, Erzurum, pp: 8-15.
- Hadas, A., Kautsky, L., Goek, M., Kara, E.E., 2004. Rates of decomposition of plant residues and available nitrogen in soil, related to residue composition through simulation of carbon and nitrogen turnover, *Soil Biology and Biochemistry* 36: 255-266.
- Hoffmann, G.G., Teicher, K., 1961. Ein kolorimetrisches verfahren zur bestimmung der urease aktivitat in boden. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde* 91: 55-63.
- Kacar, B., 1972. Bitki ve toprağın kimyasal analizleri. I. Bitki analizleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 453, Ankara.
- Kızılkaya, R., Bayraklı, B., 2005. Effects of N- enriched sewage sludge on soil enzyme activities. *Applied Soil Ecology*, 30: 192-202.
- Kızılkaya, R., Ekberli, İ., 2008. Determination of the effects of hazelnut husk and tea waste treatments on urease enzyme activity and its kinetics in soil. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 32(4): 299-310.
- Kızılkaya, R., Ekberli, İ., Kars, N., 2007. Tütün atığı ve buğday samanı uygulanmış toprakta üreaz aktivitesi ve kinetiği. *AÜ Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi*, 13(3): 186-194.
- Kireeva, N. A., Tarasenko, E.M., Shamaeva, A.A., Novoselova, E.I., 2006. Effect of oil products on lipase activity in gray forest soil. *Eurasian Soil Science*, 8: 1005-1011.
- Kiss, S., Dragan-Bularda, M., Radulescu D., 1975. Biological significance of enzymes accumulated in soil. *Adv.agron.*, 27: 25-87.
- Kiss, S., Pasca D., Dragan-Bularda, M., 1998. *Enzymology of disturbed soils*. Amsterdam: Elsevier, s: 3-62.
- Kononova, M.M., 1966. *Soil Organic matter*. Pergamon Press. Elmsford, New York, 544 pp.
- Kornish-Bouden, E., 1979. *Basic Principles of Enzyme Kinetics [in Russian]*, Moscow.
- Khaziev F. Kh., 1982. *Ecological Research of Soil Enzyme Activity*. Nauka Press, Moscow, s: 56-62.
- Khaziev., F.Kh., 1975. Thermodynamic characteristics of enzymic reactions in soil. *Biol Nauki* 10:121-127.
- Khaziyevev, F.K., Gulke, A.Ye., 1991. Enzymatic activity of soils under agrocenoses: status and problems. *Pochvovedenie* 8: 88 -103.
- Marinari, S., Masciandar, G., Ceccanti, B., Grego, S., 2000. Influence of organic and mineral fertilizers on soil biological and physical properties. *Bioresource Technology*, 72: 9-17.
- Masciandaro, G., Ceccanti, B., Ronchi, V. and Bauer, C., 2000. Kinetic parameters of dehydrogenase in the assessment of the response of soil to vermicompost and inorganic fertilisers. *Biol. Fertil. Soils*, 32: 479-483.
- Okur, N., Kayıkçıoğlu, H.H., Okur, B., Delibacak, S., 2008. Organic amendment based on tobacco waste compost and farmyard manure: Influence on soil biological properties and butter-head Lettuce (*Lactuca sativa* L. var. *Capitata* L.) Yield. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 32(2): 91-99.
- Özdemir, N., Gülser, C., Ekberli, İ., Özkaptan, S., 2005. Toprak düzenleyicilerinin asit toprakta strüktürel dayanıklılığa etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 36(2): 151-156.
- Özdemir, N., Kızılkaya, R., Sürücü, A., 2000. Farklı organik atıkların toprakların üreaz enzim aktivitesi üzerine etkisi. *Ekoloji Çevre Dergisi*, 37: 23-26.
- Rowell, D.L., 1996. *Soil Science: Methods and Applications*. 3<sup>rd</sup> Edition Longman. London, UK.
- Skujins, J.J., 1976. Extracellular enzymes in soil. *CRC Critical Reviews in Microbiology*, 4: 383-421.
- Skujins, J. J., 1978. History of Abiotic Soil Enzyme Research. In: Bruns RG (ed) *Soil enzymes*, Academic Press, London, pp 1-49.
- Trasar-Cepeda, C., Gil-Sotres, F., 1988. Kinetics of acid phosphatase activity in various soils of Galicia (NW Spain). *Soil Biology & Biochemistry*, 20: 275-280.
- Trasar-Cepedaa, C., Gil-Sotresb, F., Leiro, M.C., 2007. Thermodynamic parameters of enzymes in grassland soils from Galicia, NW Spain. *Soil Biology & Biochemistry*, 39: 311-319.
- Troeh, F.R., Thompson, L.M., 1993. *Soils and Soil Fertility*. Oxford University Press, New York.
- Zolotareva, B.N., 2006. Effect of Organic fertilizers on the fertility of old arable gray forest soil. *Agroximiya*, 9: 13-23.