

SOSYAL YABAN ARILARINDA YUVA MATERYALİ OLARAK KÂĞIT

Nil Bağrıaçık^{1*}

¹Niğde Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü 51100 Merkez Yerleşke Niğde

*n.bagriacik@gmail.com

Özet: Kâğıt, medeniyetlerin gelişmesinde, bilginin aktarılmasında rol oynayan insanlık tarihinin en önemli keşiflerinden biridir. Ham maddesi bitkilerden elde edilen selüloz lifleri olan kâğıt hamuru çeşitli teknolojik yöntemlerle işlenerek kullanıma hazır hale getirilir. Doğada selülozu kullanarak kâğıt üreten en eski canlı sosyal yaban arıdır. İnsanlar ile arıların kâğıt yapım teknikleri benzerdir. Sosyal yaban arıları yuvalarını kendi ürettikleri kâğıt hamurunu kullanarak yaparlar. Bunun için bitkilerin yüzeylerinden ağızları ile kazıdıkları bitki liflerini, kendi ağız salgıları ile karıştırarak çiğnerler. Elde ettikleri kâğıt hamuru parçacıklarını birbirine yapıştırıp, vücut parçaları ile şekillendirerek yuvalarını inşa ederler. Yuva yüzeyi ağız salgısı ile sıvanarak dış etkilerden korunur. Bir arı yuvasında kâğıt kalitesine yuva yeri tercihi, lif seçimi, lifin çiğnenme süresi, ağız salgısı miktarı, kâğıt kalınlığı, kâğıt hamuru içine katılan inorganik maddeler etki eder. Yuvanın farklı fonksiyonel kısımlarında da kâğıt kalitesi değişir.

Arılarda kâğıt mühendisliği oldukça ilginç bir konudur. Bu çalışmada insanlar arıların kâğıt yapım tekniklerindeki benzerlikler üzerinde durularak arı yuvasının inşası, kâğıt yapımı ve kâğıt kalitesi hakkında bilgi verilecektir.

Anahtar Kelimeler:Kâğıt, sosyal yaban arısı, yuva materyali, *Hymenoptera*, *Vespidae*.

The Paper As A Nest Material of Social Wasps

Abstract: Paper is among one of the decisive inventions of humankind and has remarks on transferring the knowledge and on civilizations' progress. The crude material of the paper is a fiber comprised of cellulose. The fibers that have been obtained from trees and other plants have been being formed as a paper pulp in different qualities via variety of technological methods. The oldest creature producing paper by using cellulose is social wasps. Both human and wasps' paper producing technologies are similar. The social wasps make the irnest comprised of combs by using paper pulp produced by themselves. They chew the plant fibers that have been scraped from the plants' surface, by mixing with their saliva. Then they built the irnest by shaping the glued produced paper pulp particulars with their saliva. Nest's surface is being protected from external influences by coated with saliva. In any wasp nest, the quality of the paper depends on wasps' fiber selection, duration of chewing of the fiber by wasp, amount of saliva used in adhering fiber, paper thickness and inorganic materials added to paper pulp. Last but not least; the quality of paper might be varying depending on the different functional parts of the nest.

Paper engineering in Social Wasps is highly interesting subject. In this study, information about wasp' nest building, paper production and paper quality will be provided while focusing on the similarities between humankind and wasp' paper production techniques.

KeyWords: Paper, socialwasps, nest materials, *Hymenoptera*, *Vespidae*.

1.GİRİŞ

Kâğıdın keşfi, insanlık tarihinin ve medeniyetlerin gelişiminde, medeniyetlerin birbirleri ile etkileşiminde, bilginin nesillere aktarılmasında yüzyıllar boyunca son derece önemli rol oynamıştır. Kâğıt sadece yazı yazma aracı olarak değil pek çok alanda insanlığın vazgeçilmezleri arasında yer almıştır.

Kâğıdın ana hammaddesi bitkilerin hücre çeperini oluşturan polisakkarit yapısındaki selüloz lifleridir [1]. Kâğıt hamuru, bitkisel kaynaklı lif yapısındaki hammaddenin su ile karışımından elde edilir. Dünyada kâğıt hamurunun %90'ı odundan elde edilmektedir [2]. Odun dışındalifsel hammaddelerden de kâğıt hamuru üretimi yapılmaktadır. Bu hammaddelerden en yaygın kullanılanlar ekin saplarıdır. Ayrıca saman, pamuk ve keten lifleri de kullanılmaktadır [3].

Kâğıt, ilk defa M.Ö. 3300 yıllarında Mısırlılar tarafından Papirüs bitkisi kullanılarak elde edilmiştir. Latince adı *Cyperuspapyrus* olan bu bitki, eski Mısırlılar tarafından kâğıt yapımında kullanıldığından, "Mısır Kâğıt Sazı" olarak da bilinir [4].

Bugünkü anlamı ile ilk kâğıt M.S. 150 yıllarında Çin'de Ts'aiLun tarafından bulunmuştur. Bu kâğıdın ana maddesini Çin kenevirinden dokunmuş kumaşlardır. İlk kâğıt yapım tekniğinde eski ve yeni kumaş parçaları, taş üzerinde tahta tokmaklarla parçalanır ve bunların üzerinden presle gidilerek bünyelerindeki su iyice atılır, kurutulur ve perdahlanarak parlatılır. Bu üretim tekniği günümüz kâğıt üretimine çok benzeyen, ilkel bir yöntemdir [5]. Günümüze kadar korunabilmiş en eski kâğıt örneği M.Ö. 206 - M.S. 9 yılları arasındaki döneme ait Moğolistan'da bulunan kenevir kâğıt parçasıdır [6].

Araplar 751 yılından itibaren Çin'den öğrendikleri kâğıt yapım tekniklerini kullanarak kâğıt yapmaya başlamışlardır [6]. Kâğıt ve yapım teknolojisinin 12. yüzyıldan itibaren İslam ülkelerinden Avrupa'ya yayılmıştır [7]. 15. yüzyılda matbaanın bulunması kâğıt ihtiyacının artmasına ve yeni tekniklerin geliştirilmesine neden olmuştur. 19. yüzyıla kadar keten esaslı dokumalardan elde edilen paçavralar kâğıt üretiminde hammadde olarak kullanılmıştır [8]. 19. Yüzyıl ortalarından itibaren çeşitli bitkisel lifler ve lif olmayan maddelerden kâğıt üretimi yapılmıştır. Ağaçlar ya da bitkiler iyice dövülerek liflerin ayrılması sağlanmış, daha sonra su ile karıştırılarak hamur haline getirilmiştir [9].

Aslında kağıdın ilk kaşifleri insanlar değildir. Doğada selülozu kullanarak kâğıt üreten en eski canlı sosyal yaban arıdır. Sosyal yaban arıları hayvanlar âleminde Insecta sınıfı Hymenoptera (Zarkanatlılar) takımına dâhil edilirler [10]. Sosyal yaban arıları karakteristik olarak yuvalarını bitki lifleri ile ağız salgılarının karışımından elde ettikleri kâğıt hamurundan yaparlar. Bu özellikleri ile kâğıt arıları olarak da adlandırılırlar [11].

Arılarda sosyallik ve kâğıt yuva yapımı 63 milyon yıl öncesine dayanmaktadır [12]. Sosyal yaban arılarının (Vespidae) miyosen dönemine ait fosilleri Dominik Cumhuriyeti'nde [13] ve mezozoik döneme ait fosil kayıtları Moğolistan, Kazakistan, Rusya'nın Buryatskaya ve Chita Bölgesinde tespit edilmiştir [14]. Üst Kretase dönemine ait bir sosyal arı yuvası da Utah'da (ABD) bulunmuştur [15]. Kretase dönemi sosyal arıları sosyal davranış göstermekteydi [14].

Arıların kâğıt yapımı ile insanların kâğıt yapımı arasındaki benzerlik tesadüfi değildir. Arıların kâğıt yapımı davranışlarını gözlemleyen insanlar, uzak doğuda yüzyıllar öncesinde farklı bitkisel lifler kullanarak kâğıt yapmayı öğrendiler. 1719'da ilk defa Fransız doğa bilimci René Antoine Ferchault de Réaumur arıların kâğıt hamuru yapımından bahsetmiştir. Bundan 40 yıl sonra Alman araştırmacı Jacob Christian Schäffer, Réaumur'un bilgileri ışığında arı yuvası örneklerini inceleyerek kâğıt yapımı tekniği ile ilgili bir kitap yayınlamıştır [11]. Schäffer'in (1718-1790) açıklamalarına göre arpa samanı, küçük parçalar halinde kesildikten sonra su ile kaynatılıyor ve tokmak darbeleriyle liflere ayrılan bu kütle, birkaç saat kireç sütü içinde bırakıldıktan sonra lifleri tamamen ayrılncaya kadar tekrar tokmaklıyordu. Saman hamurundan elde edilen kâğıt sarı renkte olmaktadır [9].

Sosyal arılarda kâğıt mühendisliği ve yuva yapımı oldukça ilginç bir konudur. Yaban arılarında yuva çeşitliliği ve yuvanın yapısal özellikleri evrimsel olarak önem taşır. Yuva mimarisi (kılıf, petek yapısı ve sayısı, pedisel yapısı gibi), yuva kâğıdın fiziksel özellikleri ve yuva rengi filogenetik karakter olarak kullanılmaktadır [16]. Yuva mimarisinin evriminde çevrenin fiziksel faktörleri, yuvanın yapısal, koloninin sosyal ihtiyaçları ve predatör hayvanlardan (kuşlar ve karıncalar) saklanma etkili olmaktadır [17].

Bu araştırmada, sosyal yaban arılarının bitki liflerini kullanarak elde ettikleri kâğıt hamurundan yuva yapımı ve kâğıt kalitesi hakkında bilgi verilmektedir.

2. YABAN ARILARINDA YUVA YAPIMI VE YUVA KÂĞIDININ FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

2.1. Yuva Yapımı

Bir önceki sezonun sonunda kraliçe olarak seçilen dişi, erkek bireyler tarafından döllendikten sonra kışı geçirmek üzere kuytu bir yere saklanır. Kışı geçiren kraliçe ilkbaharda koloniyi kurmak üzere yuva inşa etmeye başlar. Kraliçe, bitki gövdelerinden ağız ile kazıdığı lifleri, ağız salgısı ile karıştırarak elde ettiği kâğıt hamurundan küçük bir sarkıt yapar ve ilk petekleri bu sarkıtın ucuna ekler. Her peteğe bir adet yumurta bırakır. İlk işçi arıları kraliçe besler

ve büyütür. Erginleşen ilk işçiler yuva yapımı ve koloninin bakımını üstlenirken kraliçe sadece yumurta bırakır[18]. İşçi arı yuva inşasında kullanacağı lifleri toplamak için farklı materyaller kullanabilir. Yabani otlar, orman ya da bahçelerdeki ağaçlar, ahşap masa, sandalyeler üzerinde yürüyerek ağız parçaları ile lifleri kazır. Gövdesi ile yuvarlar, ağzı ile taşıyarak yuvaya götürür. Lifleri ağzında ağız salgısı ile çiğner, kâğıt hamuru elde eder. Antenlerinin yardımı ile peteğin her duvarı diğer peteğin duvarını oluşturacak biçimde heksagonal(altıgen) şekil verir. Bu sıvı karışım kuruyarak sertleşir [11]. Heksagonal petek yapımı arılar için ekonomiktir. Yapılan ilk hücrenin altı yan duvarı vardır. Sonra yapılanlar birbirine eklenir ve her hücre için üç yeni duvar ilave edilerek petek tamamlanır. Yan yana gelen her iki hücre duvarı arasında 120° açı vardır [19].

2.2. Yuva Kağıdının Fiziksel Özellikleri

Yuva kağıdının fiziksel özellikleri esnekliği, dayanıklılığı, su geçirgenliği, kalınlığı, nem kapasitesi, yüzey düzgünlüğü ve rengidir. Yuva yapım tekniği ve kullanılan materyal kağıdının fiziksel özelliklerine etki eder. Kağıdın fiziksel özellikleri ise kâğıt kalitesini belirler. Yuva yeri seçimi de kâğıt kalitesine etki eder. Bazı arılar iyi kalite kâğıt üretirken, bazıları düşük kaliteli kâğıt üretebilirler [20, 21].

3. YUVA KÂĞIDININ FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLER

3.1. Lif Seçimi

Kâğıdın özelliklerini belirleyen en önemli faktör kullanılan hammaddenin lif morfolojisidir. Lif uzunluğu, lifgenişliği, lif çeper kalınlığı ve lif kabalığının karmaşık ilişkileri kâğıt kalitesini belirler [22].

Sosyal arılarda yuva yapımında kullanılan bitkisel materyalin yapısında dikkat çekici bir varyasyon vardır. Çürük ya da canlı odunsu lifler, bitki tüyleri, kısa bitki kazıntıları, inorganik materyaller kullanılabilir[12]. *Vespa* türleri yuva materyali olarak çürümüş odunların ksilemini, canlı ağaçların ölü kısımlarını, ağaç kabuklarını tercih ederler[23]. Yuvalarına bitki liflerinin yanında toprak ve çamur da eklerler[24]. *Dolichovespula* ve *Vespula* türleri uzun ya da kısa bitki liflerini ölü odunlardan kazırlar [25]. Bazı *Dolichovespula* ve *Provespa* türleri bit-

ki tüylerini tercih ederler [26]. *Polistes* türleri ise kuru ya da taze otsu bitkilerin gövdelerinden, köhne, eski, boyanmamış ahşap yüzeylerden, hasırlara kadar çok çeşitli yerlerden materyal kazırlar[11]. Sosyal arılarda yuva materyalinin geri dönüşümü de söz konusudur. Bütün *Vespa*'larda petek duvarları geri dönüştürülmüş kokon ipeği ile güçlendirilir[27]. *Vespaanalis*'in gazete kâğıtlarını yuva materyali olarak kullandığı gözlenmiştir[23].

3.2. Kâğıt Hamuru Hazırlama

Vespidae arıları bitki liflerini ağız salgıları ile çiğneyip yumuşatarak, kâğıt hamuru elde eder. Materyalin, ağız salgısı ile çiğnenmesi yuvanın mekanik özelliklerini belirler. Bitki lifleri, ağız salgısı ile yapıştırılarak bir arada tutulur. Kâğıt hamurunun çiğnenme süresi ve kâğıt kalınlığı, kâğıdın dayanıklılığına etki eder [20]. Kâğıdın nemi düştükçe kâğıt kırılğan bir hal alır. Kâğıt hamuruna ilave edilen inorganik materyal kâğıt kalitesine etki eder. *Vespaorientalis*'inkuru odunsu liflerin arasına kum ilave ederek hazırladığı yuva kağıdı çok kırılğandır ve su geçirgenliği fazladır [21].

3.3. Yuva Kağıdının Rengi

Bitki lifinin kaynağına göre yuva rengi de değişiklik gösterir. Uzun odunsu lifler kullanılan yuvalar grimsi, bitki tüyleri kullanılanlar sarı, amber ya da beyaz, kısa çürümüş kazıntılar ve inorganik madde içerenler materyalin kaynağının renginde olabilirler[12]. *Vespaorientalis*ve *Vespacrabroyuva* kağıdında içerdiği materyalin rengine uygun bej, sarı ve kahverengi tonlarında renklenmeler görülür [21].

3.4. Yuva Kağıdının Su Geçirgenliği

Yuva materyaline eklenen ağız salgısı miktarı yuvanın su geçirmezliğini etkilemekte, yuvayı suya dayanıklı hale gelmekte ve yağmurdan korumaktadır[28]. Bütün kâğıtlar selülozun hidrofilik özelliğinden dolayı az ya da çok su emerler. Kâğıt hamuru üretildikten sonra hamurdan kâğıt elde etmek için hamur dövülür. Bu işlem kâğıda fiziksel özelliklerini kazandıran en önemli faktördür. Dövme işlemi kâğıdı oluşturan liflerin yapışma özelliğini iyileştirir. Su emiciliği düşük olan kâğıtlar iyi yapışmış, su emiciliği yüksek olan kâğıtlar zayıf yapışmış olarak nitelendirilir [3]. Dolayısıyla liflerin arı tarafından çiğnenme süresi, liflerin yapışmasına ve yuva kâğıdının su geçirgenliğine etki eder[20].

3.5. Yuva Yeri Seçiminin Kâğıt Kalitesine Etkisi

Yuva yeri seçimi ile yuva kâğıdının fiziksel özellikleri uygunluk gösterir. Açıklık alanlarda yapılan yuvalar rüzgâr ve yağmura maruz kaldıklarından, yer altında, kovuklarda yapılan yuvalara göre daha güçlü, daha esnek ve daha dayanıklıdır[20]. *Dolichovespula* ve toprak üstü yuva yapan *Vespula* türlerinin yuvası sağlam, esnek, suya dayanıklı kâğıttan yapılmışken, yer altı yuvalarının kırılğan kâğıttan olduğu gözlenmiştir[29-30].

3.6. Yuva Kısımları ve Kâğıt Kalitesi Arasındaki İlişki

Bir yuvada farklı fonksiyonel görevler üstlenen kısımlar arasında da yuva kâğıdının fiziksel özellikleri bakımından farklılık vardır[20]. Arı yuvaları genel olarak bir sarkıt, petek ve kılıftan oluşur [17]. Petekler, bu sarkıtta asılarak inşa edilir. Sarkıt yuvanın bütün ağırlığını taşır[31]. Petekler, kuluçka yerlerindeki larvaların petek duvarlarına yaptığı basınçtan dolayı yüksek gerilim altında olan yapılarıdır [32]. Kılıf, yuvanın tamamını dış etkilerden korur ve ağırlığın gerilimine dayanır [20]. Aynı zamanda termal düzenleme ve suya dayanıklılık görevleri de vardır[33]. Yuva bölümleri arasındaki kâğıdın fiziksel farklılıkları bitki lifi seçimi, kâğıt hamuru yapımı ya da kâğıt hamurunun işlenmesinden kaynaklanır[20].

Bir arı yuvasındaki kâğıt kalitesine iplik seçimi, salgı miktarı, çiğnenme süresi ve çevresel etmenler birlikte etki etmektedir.

4. SONUÇ

Ağaçlar ve diğer bitkisel lifler bir dizi kimyasal işlemde geçirildikten sonra kâğıda dönüşecek kâğıt hamuru haline getirilirler. Bu işlem kâğıt yapımının doğal mucitleri olan sosyal yaban arıları için çok kolaydır.

Sosyal yaşayan yaban arıları kurdukları kolonileri için kendi ürettikleri kâğıdı kullanarak yuva inşa ederler. Ortaya çıkardıkları yuva bu küçük canlılar açısından bakıldığında bir mimarlık harikasıdır. Bu arılar bir ağaç işleme ve kâğıt fabrikası gibi çalışırlar. Endüstriyel kuruluşların yaptığı işleri kendi küçük bünyelerinde yaparlar. Bu arılar tarihe yön veren kâğıdın keşfinde insanlığa ve bilime önemli katkıda bulunmuşlardır.

Bu da göstermektedir ki bilimin ışığında doğa da keşfedilecek pek çok yenilik vardır.

5. KAYNAKLAR

- [1] Yakar N., Bilge E., 1987. Genel Botanik, *İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları*, s. 488.
- [2] Kırıcı H., 2000. Kâğıt Hamuru Endüstrisi, Ders notları, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Basımevi*, Trabzon, No:63, s. 274.
- [3] Gençer A., Eroğlu H., Ayaz U., 2009. Buğday saplarından (*Triticumaestivum* L.) KOH- Hava yöntemi ile üretilmiş kâğıtların su emiciliğinin tayini (Cobb Metodu), *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 11(16): 1-5.
- [4] Atılğan M., 2006. Antik Çağın En Önemli Yazı Malzemesi: Papirüs, *Bilgi Dünyası*, 7(2): 293-312.
- [5] Eroğlu H., 1990. Kâğıt ve Karton Üretim Teknolojisi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Basımevi*, Trabzon, Genel Yayın No:90.
- [6] Tekin Ş., 1993. Eski Türklerde Yazı, Kâğıt, Kitap ve Kâğıt Damgaları, *İstanbul, Eren Yayıncılık*, s. 136.
- [7] Schlosser L.B., 1981. A History of Paper, In: *Paper-Art & Technology* (Ed. Paulette Long), World Print Council, San Francisco, s. 2-19.
- [8] Collings T., Milner D., 1984. The Nature and Identification of Cotton Paper-Making Fibers in Paper, *The Paper Conservator*, 8: 59-71.
- [9] Hunter D., 1978. Papermaking- The History and Technique of an Ancient Craft, *Dover Publications*, New York, pp. 611.
- [10] Gauld I., Bolton B., 1988. The Hymenoptera, British Museum (Natural History), *Oxford University Press*, Londra, pp. 311.
- [11] Evans H. E., West Eberhard M., 1970. The Wasps, *Michigan University Press*, USA, pp. 265.
- [12] Wenzel J.W., 1991. Evolution of nest architecture, In: *The social biology of wasps*, (Eds.: Ross, K.G., Matthews, R.W.), *Cornell University Press*, Ithaca, pp. 480-519.
- [13] Carpenter J.M., Grimaldi D.A., 1997. Social wasps in Amber, *Novitates*, 3202: 1-7.
- [14] Carpenter J.M., Rasnitsyn A.P., 1990. Mesozoic Vespidae, *Psyche*, 97(1-2): 1-20.
- [15] Brown R.W., 1941. The Comb of a wasp nest from the upper Cretaceous of Utah, *American Journal of Science*, 239: 54-56.
- [16] Carpenter J.M., 1987. Phylogenetic relationships and classification of the Vespinae (Hymenoptera: Vespidae), *Systematic Entomology*, 12: 413-431.
- [17] Jeanne R. L., 1975. The adaptiveness of social wasp nest architecture, *Quarterly Review of Biology*, 50: 267-286.
- [18] MacDonald J.F., 1980. Biology, recognition, medical importance and control of Indiana social wasps, *Cooperative Extension Service, Purdue University Press*, Indiana.
- [19] Ishay J.S., Rosenzweig E., Paniry, V. A., 1982. The genesis of hexagonal cells and the frugality in comb and cell building by social Vespinae (Hymenoptera), *Insectes Sociaux*, 29(1): 34-43.
- [20] Cole M.R., Hansell M.H., Seath C.J., 2001. A quantitative study of the physical properties of nest paper in three species of Vespinae wasps (Hymenoptera, Vespidae), *Insectes Sociaux*, 48: 33-39.
- [21] Bağrıaçık N., 2011. Determination of some structural features of the nest paper of *Vespa orientalis* Linnaeus, 1771 and *Vespa crabro* Linnaeus, 1758 (Hymenoptera: Vespinae) in Turkey, *Archives of Biological Science*, 63(2): 449-455.
- [22] Eroğlu H., 2003. *Kâğıt Hamuru ve Kâğıt Fiziği*, Ders Notları, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Yayın No:27, s. 144.
- [23] Matsuura M., 1991. *Vespa and Provespa*, In: *The social biology of wasps* (Eds.: Ross, K.G., Matthews, R.W.), *Cornell Univ. Press*, Ithaca, pp. 232-262.

- [24] Ishay J.S., Rosenzweig E., Pechhaker, H., 1986. Comb building by worker groups of *Vespa crabro* L., *Vespa orientalis* L. and *Paravespula germanica* F. (Hymenoptera: Vespinae), *Monitore Zoologico Italiano*, 20: 31-51.
- [25] Greene A., 1991. *Dolichovespula* and *Vespula*, In: The social biology of wasps (Eds.: Ross, K.G., Matthews, R.W.), Cornell University Press, Ithaca, pp. 263-305.
- [26] Matsuura M., Yamane S.K., 1990. Biology of Vespinae wasps, *Springer Verlag*, Berlin.
- [27] Hansell M.H., 1993. The ecological impact of animal nest and burrows, *Functional Ecology*, 7: 5-12.
- [28] Kudo K., 2000. Variable investments in nest and worker production by the foundresses of *Polistes chinensis* (Hymenoptera: Vespidae), *Journal Of Ethology*, 18: 37-41.
- [29] Greene A., 1979. Behavioural characters as indicators of yellowjacket phylogeny (Hymenoptera: Vespidae), *Annals Of The Entomological Society Of America*, 72: 614-619.
- [30] Akre R.D., Greene A., MacDonald J.F., Landolt P.J., Davis H.G., 1981. The yellowjackets of America North of Mexico, *US Department of Agriculture, Agriculture Handbook*, No: 552.
- [31] Reeve H.K., 1991. *Polistes*, In: The social biology of wasps (Eds.: Ross, K.G., Matthews, R.W.), Cornell University Press, Ithaca, pp. 99-148.
- [32] Hansell M.H., 1984. Animal architecture and building behaviour, *Longman*, Londra, p. 324.
- [33] Spradbery J.V., 1973. Wasps. An account of the biology and natural history of social and solitary wasps, *Sidgwick and Jackson Press*, Londra, pp. 408.