

1. GİRİŞ

Dünyadaki hızlı nüfus artışı insanlığın temel gereksinimi olan gıda ihtiyacını da arttırmıştır. İlk zamanlar üzerinde tarımsal üretim yapılan alanlar arttırılarak, bu gereksinim karşılanmaya çalışılmıştır. Ancak, bu alanların artık genişletilme olanağı kalmayınca, birim alandan alınan ürün miktarını, yani verimi arttırmanın yolları aranmaya başlanmıştır. Bu amaçla geliştirilen teknolojiler, tarımsal üretim alanlarında yoğun bir trafik yaşanmasına ve toprakta geri kazanımı mümkün olmayan hasarlara neden olabilmektedir. Sürdürülebilir tarımsal üretimin temel taşı olan toprağın, bilinçsiz uygulamalarla değerini yitirmesinin önüne geçilmesi gerekmektedir.

Toprağı koruma çalışmalarının büyük bir çoğunluğu, su ve rüzgarın sebep olduğu tarım topraklarındaki toprak erozyonunun önlenmesi ve bitkisel üretim sonrası tarlada kalan bitki artıklarının (anızın) tekrar toprağa kazandırılmasıyla toprağın kimyasal yapısının korunması ve iyileştirilmesi, ayrıca bitkisel üretime toprağın hazırlanması, ekim, bakım ve hasat işlemleri sırasında toprağa çeşitli alet ve makinalarla yapılan fiziksel müdahale sonucu bozulan fiziksel yapısının korunması ve geri kazanılmasıdır. Bu amaçla çok değişik teknikler ve yöntemler kullanılmaktadır.

Yukarıda belirtildiği gibi bitki artıklarının en uygun şekilde parçalanıp toprağa tekrar kazandırılması büyük önem taşımaktadır. Toprakta bulunan mikroskobik canlılar, bu bitki artıklarının ayrışmasına hizmet ederek, toprağın humus gereksiniminin karşılamasına, dolayısıyla organik madde miktarının artmasına yardımcı olmaktadır. Özellikle yüksek boylu bitkiler, altlarında gelişen toprağın karakteri üzerinde büyük etkiye sahiptirler. Bunların erozyon ve nem koşullarına etkileri, toprak özelliklerinin değişmesine katkıda bulunmaktadır. Köklerin çürümesi ve toprak üstü kısımların tekrar toprağa karışması, bitki besin maddelerinin doğal döngüsünde aktif bir rol oynamaktadır (Akalan 1988).

Ülkemizde hasat sonrasında tarlada kalan bitkisel kökenli artıkların uygun şekilde değerlendirilmesi henüz istenen düzeyde değildir. Özellikle ayçiçeği, buğday, pamuk, tane mısır gibi tarımı yoğun halde yapılan ürünler göz önüne alındığında, tarımsal artıkların ne denli büyük bir kaynak olabileceği açıkça görülmektedir (Çizelge 1.1.).

Çizelge 1.1. Türkiye’de Tarımı Yapılan Bazı Bitkilerin Hasattan Sonra Tarlada Kalan Artık Miktarları (Alibaş ve Ünal 1995, DİE. 2000)

<i>Bitki</i>	<i>Ekim Alanı (ha)</i>	<i>Üretim Miktarı (ton)</i>	<i>Sap/Ürün Oranı</i>	<i>Sap Miktarı (Ton)</i>
Buğday	9 400 000	21 000 000	1.50	31 500 0000
Ayçiçeği	542 000	800 000	2.80	2 240 000
Mısır	555 000	2 300 000	1.00	2 300 000
Pamuk	654 177	2 260 921	2.00	4 521 842
Çeltik	58 000	210 000	0.78	163 800

1.1. Bitkisel Artıkları Değerlendirme Alanları

Bitkisel artıkların değerlendirilmesiyle ilgili çalışmalar daha çok, geniş alanlarda üretimi yapılması nedeniyle, buğday bitkisinin artıkları üzerine olmuştur. Bu artıklar öncelikle kağıt ve mukavva sanayinde olmak üzere bir takım ahşap ürünlerin imalat sanayinde katkı maddesi olarak kullanıldığı gibi, yakıt, hayvan yemi, yataklık, torf katkı maddesi olarak ve tekrar toprağa karıştırılarak değerlendirilmektedir.

Bitkisel artıkların kimyasal ve fiziksel yapıları çok farklılık gösterdiği için, değerlendirilme alanları da farklılık göstermektedir. Ancak, bütün bitkisel artıklar geleneksel biçimde yakıt olarak kullanılabilir ya da tekrar toprağa kazandırılabilir. Bitkisel artıkların hasattan sonra yakıt olarak kullanılması için tarladan toplanılması ve taşınması gibi işlemlerin yapılması gerekmektedir. Bu durum üretici için ek bir masraf gibi görülmekte, çoğu üretici topladığı bitki artıklarını tarla kenarında ya da buğday gibi kısa anız bırakan ürünlerin anızını tarlada doğrudan yakmaktadır. Bu durum her yıl binlerce ton bitki artığından elde edilecek ısı enerjisinin boş yere harcanmasına neden olmaktadır. Ayrıca, tarladaki anızın yakılması topraktaki biyolojik aktivitenin yavaşlamasına hatta durmasına neden olmakta ve toprağın organik yapısının bozulması gibi olumsuz bir sonuç doğurmaktadır. Ancak, sayıları çok fazla olmamakla birlikte bilinçli üreticiler, ek masraflardan kaçınmayarak, anızı parçalayıp toprağa karıştırmaktadırlar.

Bitki artıklarının tekrar toprağa kazandırılması toprağın biyolojik aktivitesini, humus oluşumunu hızlandırarak, sonraki üretim sezonunda kullanılacak kimyasal gübre miktarında azalma sağlamaktadır.

Ülkemiz topraklarının organik madde içeriği bakımından bölgelere göre yüzde dağılımları Çizelge 1.2.'de verilmiştir. Görüldüğü gibi Türkiye'deki toprakların yaklaşık %65'inde organik madde içeriği %2'nin altındadır. Bu rakam topraklarımızın organik maddece fakir olduğunu ortaya koymaktadır. Ülkemizde hayvancılığın yan ürünü olan çiftlik gübresi üretiminin azlığı ve yeşil gübre kullanım alışkanlığının olmayışı, anızın mutlaka toprak işleme alet ve makineleri yardımıyla toprağa gömülmesini zorunlu kılmaktadır.

Çizelge 1.2. Türkiye Topraklarının Tarım Bölgelerine Göre Organik Madde Dağılımı (%) (Eyüpoğlu 1999)

Bölgeler	Çok Az <%1	Az %1-2	Orta %2-3	İyi %3-4	Yüksek >%4
Orta kuzey	26.01	49.02	17.99	4.76	2.22
Ege	38.13	42.90	13.85	3.72	1.40
Marmara	20.13	42.40	23.51	8.91	5.05
Akdeniz	11.71	40.43	28.94	11.63	7.29
Kuzeydoğu	10.10	38.57	29.97	13.63	7.73
Güneydoğu	17.20	43.08	27.36	7.96	4.40
Karadeniz	8.77	26.18	32.40	16.48	16.17
Ortadoğu	18.90	52.35	19.98	5.62	3.15
Ortagüney	24.60	45.81	20.85	6.05	2.69
Genel	21.47	43.78	22.62	7.57	4.55

Toprağa karıştırılan bitkisel artıkların çürümesi için topraktaki mikroorganizma faaliyetinin yeterli düzeyde olması gerekmektedir. Bu yüzden topraktaki mikroorganizma faaliyetinin yoğun olduğu yağışlı ilkbahar ve yaz aylarında ya da havanın ılık ve nemli olduğu sonbahar günlerinde, çürüme hızlı bir şekilde gerçekleşir, havanın soğuk olduğu kış döneminde ise yavaş olur. (Vigil and Sparks 1995). Topraktaki meydana gelen maksimum çürüme tarla kapasitesine yakın nemlilikte ve 32-35 °C civarındaki toprak sıcaklığında oluşmaktadır. 10 °C'nin altında ve 35 °C'nin üstündeki sıcaklıklarda yavaş bir şekilde gerçekleşir. Bu nedenle bitki artıkları toprağa en uygun koşulların oluşacağı teknik ve zamanda gömülmelidir. Bu uygun ortamların hazırlanması tarlada kullanılacak

alet ve makinelerle gerçekleştirilecektir. Tarla koşullarında tarımsal artıkların değerlendirilmesi için yapılan çalışmalar büyük bir çoğunluğunda toprak işleme aletleri kullanılmaktadır. Bilhassa buğday, arpa ve yulaf gibi kolayca tahrip edilebilecek ürün artıklarında toprak işleme aletleriyle yapılan çalışmalar çoğunlukla başarıya ulaşmıştır. Ayrıca buğday, arpa ve yulaf gibi tahılların besleyici değeri ve sanayi alanındaki kullanım olanaklarının fazla olmasından dolayı, hasattan sonra bırakılan artıkların büyük bir kısmı balyalanarak toplanmakta geri kalan kısmı ise toprak işleme aletleri ve makinalarının işini zorlaştırmamaktadır. Toprak işleme alet ve makinalarının dışında bir de buğday, arpa ve yulaf gibi tahılların hasadı yer zeminine yakın bir bölgeden yapıldığı için bu artıkların büyük bir kısmı biçerdöver harmanlama, ayırma ve temizleme düzeneklerinden geçtiği için bir takım fiziksel müdahalelerin etkisi altında kalmakta ve saplar tahrip olmaktadır. Ayrıca biçerdöver arkasına ilave edilen parçalayıcı düzenlerle de parçalanarak toprak yüzeyine serpilmektedir. Bu işlem toprak işleme alet ve makinelerinin işini kolaylaştırmaktadır. Fakat, ayçiçeği, pamuk, mısır vb. endüstri bitkilerini dikkate aldığımız zaman, bunların saplarının daha kalın ve büyük olması toprağa gömme işleminde sorun yaratmaktadır. Ayrıca, bu ürünlerin hasadı sırasında gövde ve sap üzerinde büyük tahribat yaratacak kuvvetler uygulanmadığından, bunlar tarla yüzeyinde olduğu gibi kalmaktadırlar.

Bitki artıklarının toprağa karıştırılarak yapılan toprak işleme yöntemlerinde toprak erozyonu riskinin azaldığı bir çok araştırmacı tarafından bildirilmektedir. Toprak yüzeyinde ne kadar fazla yüzey artığı bırakılırsa, toprak aynı oranda yüzey akışlarına ve erozyona karşı direnç kazanmaktadır. Toprak yüzeyindeki bitki artıkları bir çok erozyon kontrol uygulamalarının en önemli bileşenidir ve erozyon kontrolü için gerekli olan yüzey artığı miktarı hasattan sonra kalan artık miktarı, otlama, toprak işleme ve ekim işlerinde uygulanan yöntemlere bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Burr ve Shelton 2001). Toprak işleme sonucunda tarla yüzeyinde %20 oranında yüzey artığı kalması, erozyonu %50 oranında azaltmakta, %80 oranında yüzey artığı ise %90 oranında azalmasına neden olmaktadır (Dickey vd. 1986).

Türkiye’de yoğun tarımı yapılan buğday, ayçiçeği gibi bazı ürünlerin anızlarının tarlada kalması, bir sonraki üretim sezonu için toprak hazırlığında ve ekim işleminde de sorun çıkartmaktadır. Özellikle iyi parçalanamamış veya toprağa tam olarak karıştırılamamış bitki artıkları ekim performansını olumsuz yönde etkilemektedir.

Bu araştırmanın da konusu olan ayçiçeği bitkisi endüstri bitkileri içerisinde ülkemizde büyük bir ekonomik öneme sahiptir. Bu bitkinin ülkemizde yıllara göre ekim alanı, üretim ve verim değerleri Çizelge 1.3.'de verilmiştir. Görüldüğü gibi hasattan sonra tarlada oldukça yüksek miktarlarda sap kalmaktadır.

Çizelge 1.3. Türkiye' de Ayçiçeği Ekim Alanı, Üretim ve Verim Değerleri (DİE 2000)

Yıl	Alan (ha)	Üretim (ton)	Verim (kg/ha)	Sap miktarı (ton)
1995	585 000	900 000	1 538	1 638 000
1996	575 000	780 000	1 357	1 610 000
1997	560 000	900 000	1 607	1 518 000
1998	586 000	860 000	1 468	1 640 800
1999	595 000	950 000	1 596	1 666 000
2000	542 000	800 000	1 482	

Ülkemizde ayçiçeğinin en yoğun üretildiği yer Marmara bölgesidir. Bu bölge içinde de Trakya'da en fazla üretim yapılmaktadır (Çizelge 1.4.). Bölgede ayçiçeği üretimi genellikle buğday-ayçiçeği ekim nöbeti uygulanarak gerçekleştirilmektedir (Kayaşoğlu 1990).

Bölgede yapılan ve yapılmakta olan çalışmalarla ayçiçeği üretimi için gerekli olan toprak hazırlığı, ekim, bakım ve hasat işlemlerinde kullanılan makineler ve en uygun mekanizasyon zinciri belirlenmiştir. Fakat ayçiçeği hasadından sonra tarlada kalan başta sap, kuru yapraklar, harmanlanmış baş kısımlarının değerlendirilmesi ile ilgili çalışmaların yeterli olmadığı görülmektedir.

Çizelge 1.4. Türkiye’de Ayçiçeği Ekim Alanı, Verim ve Üretim Değerlerinin İllere Göre Dağılımı (DİE 2000)

İller	Ekim Alanı (ha)	Verim (Kg/ha)	Üretim (Ton)
<i>Tekirdağ</i>	<i>139 052</i>	<i>1 782</i>	<i>247 832</i>
Edirne	102 628	1 569	161 063
Kırklareli	65 143	1 382	90 001
Balıkesir	24 553	1 249	30 673
Bursa	20 586	1 284	26 428
İstanbul	19 399	1 521	26 462
Çanakkale	16 197	1 625	26 327
Kocaeli	1 548	1 275	1 974
Diğer İller	152 894	-	189 240
Türkiye	542 000	1 482	800 000

Sapların bir kısmı yakacak olarak kullanılmaktadır. Ayçiçeği bitkisinin sapının enerji değeri ortalama 3718.5 kcal/kg dolayındadır. Ülkemizde 1985 yılında tarlada kalan ayçiçeği saplarının toplam enerji değeri birincil enerji tüketim değerinin %1,69’u dolayında olduğu hesaplanmıştır. Ancak bu artıkların toplanması, depolanması ve kullanılabilir şekilde getirilmesi v.b. sorunlar, yakacak olarak kullanılmasını büyük ölçüde engellemektedir (Eker ve Altan 1990).

Hasattan sonra tarlada kalan ayçiçeği artıklarının bir diğer kullanım şekli de bu artıkların tarla şartlarında değerlendirilmesidir. Ayçiçeği artıklarının tarla koşullarında değerlendirilmesinde kullanılan yöntemlerden birisi tarak tipi tırmıklarla sap ve diğer artıkların tarlanın belirli noktalarına ya da kenarlarına toplanarak yakılmasıdır. Tarla şartlarında ayçiçeği artıklarının değerlendirilmesinde kullanılan bir başka yöntem ise ağır diskli tırmıklarla artıkların parçalanarak toprağa karıştırılmasıdır. Bir diğer yöntem de son yıllarda Trakya yöresinde kullanıma girmiş olan traktör üç nokta askı sistemine asılıp traktör kuyruk milinden hareketini alarak bıçakları düşey düzlemde mafsalı şekilde dönerek hareket eden ve tarak tipi tırmıkla akuple edilmiş olan sap parçalama makinesidir. Ayçiçeği artıklarının tarla şartlarında değerlendirilmesinde kullanılan bu yöntem ve makinelerin bir birlerine karşı bazı avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Ayrıca birde

bitkisel üretimde enerji bilançosu açısından tarlada geçen bu artık değerlendirme çalışmalarının hasadı yapılmış ürüne mi, yoksa bir sonraki üretilecek olan ürünün enerji bilançosu içinde mi değerlendirileceği bildirilmemiştir.

Trakya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından da desteklenen bu çalışmanın amaçları aşağıdaki şekilde sıralanabilir;

- 1 Ayçiçeğinin tarlada kalan kısımlarının parçalanmaya yönelik fiziksel ve mekaniksel özelliklerinin tanımlanması
- 2 Ayçiçeği sapının ve diğer artık kısımlarının tekrar toprağa kazandırılması için prototip bir sap parçalama makinesi tasarlanması ve imalatı,
- 3 Prototip sap parçalama makinesinin tarla koşullarında çalışma performansının saptanması ve bu amaçla kullanılan diğer makine ve yöntemlerle tarla koşullarında karşılaştırılması.

Araştırma; Giriş, Önceki Çalışmalar, Materyal ve Yöntem, Araştırma Sonuçları ve Tartışma, Sonuç ve Öneriler olmak üzere beş bölümden oluşmaktadır. Ayrıca Ekler, Kaynaklar, Teşekkür ve Özgeçmiş eklenmiştir. Yabancı dilde özet ve Türkçe özet yazım tekniğine uygun olarak eserin baş kısmında sunulmuştur.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bu bölümde bildirilen önceki çalışmalar, Artıkların Değerlendirilmesi ile İlgili Önceki Çalışmalar, Artıkların Mekanizasyona Yönelik Özellikleri ile İlgili önceki çalışmalar, Sap Parçalama Yöntem ve Makinalarıyla İlgili Önceki Çalışmalar olmak üzere üç bölüme ayrılmıştır.

2.1. Artıkların Değerlendirilmesi ile İlgili Önceki Çalışmalar

Pamuk saplarının makineyle parçalanıp değerlendirilmesiyle ilgili yapılan çalışmada, pamuk saplarının parçalanıp tekrar toprağa karıştırılması durumunda, pamuk bitkisinin topraktan aldığı azotun % 48'inin, fosforun %41'inin ve potasın %74'ünün tekrar toprağa döneceği belirtilmiştir (**Başoğlu 1964**).

Çok sayıda çalışmadan elde edilen sonuçlar, farklı miktarlardaki ürün artıklarının ürün verimi ve toprak özelliklerini etkilediğini göstermiştir (**Black 1973, Larson vd. 1972**).

Tarlada yakılan ayçiçeği saplarının küllerinde %30-40 Potas bulunmaktadır (**İncekara 1972**).

Özellikle su erozyonunun çok olduğu bölgelerde bitki artıklarının tarladan kaldırılmaması gerekmektedir (**Hayes ve Kimberlin 1978**).

Ürün artıklarının toprağa geri kazandırıldığı zaman toprağın bazı fiziksel ve mikrobiyel özelliklerini geliştirdiği birçok araştırmacı tarafından bildirilmektedir (**Mielke vd. 1984, Doran 1980, Doran 1987**).

Tarlada kalan bitki artıklarının enerji amacıyla değerlendirilmesi için dikdörtgen, yuvarlak balya ya da pelet şekline getirilmeleri gerekmektedir. Ancak, bu saplardan enerji kaynağı olarak yararlanılmayacaksa, tarlada yakmanın hem enerji kaybına hem de

topraktaki mikroorganizma faaliyetlerinin engellenmesine neden olduğu, bu nedenle uygun şekilde toprağa karıştırılması gerektiği ifade edilmiştir (**Strehler 1984**).

Hasat sonrası oluşan artıklar bilinçli bir şekilde arazide kullanılabilirse, toprağın organik materyal miktarının artmasına ve erozyonun kontrol altına alınabilmesine yardımcı olur. Artıkların arazide yığınlar halinde toplanması ve daha sonra yakılması çeşitli yangın ve kazalara sebebiyet verdiği gibi, toprakta bulunan faydalı mikroorganizmalara zarar vererek toprak canlılığının kaybolmasına yol açmaktadır (**Strehler 1984**).

Toprak organik materyalinin büyük bir kısmını çeşitli çürüme dönemlerinde bulunan bitki kökleri, yaprakları ve dalları oluşturmaktadır. Tarım arazilerinde, özellikle bitki kökleri ve hasattan sonra toprağa iade edilen artıklar, organik madde kaynağı olarak hizmet görürler. Bunlar oldukça yavaş bir şekilde ayrışır ve bu nedenle toprağa uzun bir süre geçmedikçe önemli bir katkıda bulunamazlar. Bu artıklar mikroorganizmaların gereksinimlerini karşılamaya yetecek miktarda nitrojen içermediklerinden, çürümenin ilk dönemlerinde, toprakta yetiştirilen ürünler nitrojen sıkıntısı çekebilirler. Bu noksanlığı dikkate alan çiftçiler toprağı nitrojenli gübrelerle gübreleyerek, çiftlik gübresi ilave ederek ya da organik artıkları, yeni ürünler ekilmeden çok önce toprakla iyice karıştırarak noksanlığın giderilmesinde yardımcı olurlar. Yüzey toprağında yeteri kadar fazla ayrılmış organik madde artıkları bulunduğu takdirde, bunun mineral toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerindeki etkisi büyük olmaktadır. Organik artıkların ayrışma ürünü olan humusun, toprağın durumu üzerine olan iyileştirici etkisi, özellikle fazla kumlu ve killi topraklarda görülmektedir. Toprağın yapısı üzerine olan etki bütün topraklarda gözlenebilmektedir (**Akalan 1988**).

Küçük parçalardan oluşan biriket halinde hazırlanmış ayçiçeği sap artıklarının tutuşması yavaş, kül yüzdesi fazla olmaktadır ve %68 verimle yanmaktadır; toz halde palet biçiminde sıkıştırılmış ayçiçeği artıkları ise daha yüksek ısı içeriğine sahiptir ve %62 verimle yanmaktadır. Kül özellikleri de odun külünden farklı olmamaktadır. Biriket halinde hazırlanmış ayçiçeği artıklarının en yüksek ısı değeri 16.7 MJ/kg, en düşük ısı değeri 13.9 MJ/kg; toz halinde hazırlanmış ayçiçeği artıklarının ise en yüksek ısı değeri 18.8 MJ/kg, en düşük ısı değeri 16.3 MJ/kg olmaktadır (**Lindley ve Smith 1988**).

Toprağa ilave edilen bitkisel ve hayvansal artıklar ayrışmadıkları sürece, bitki üretiminde ve toprakların ıslahında pek az yararlıdırlar. Bunların içerdikleri besin maddeleri, ancak çürüme olayından sonra bitkilere yararlı formlara dönüşürler. Aynı şekilde yüksek bitki ve hayvanların dokuları, orijinal yapıları ile topraklarda çok küçük bir fiziksel ve kimyasal gelişmeye hizmet ederler. Bunların toprağın fiziksel yapısını düzeltmesi ve arzu edilen kimyasal olaylara yardımcı olabilmesi için, dokusal yapılarının bozulması ve kimyasal bileşimlerinin değişime uğraması gerekmektedir (**Akalan 1988**).

Anız yakma esnasında toprağın 0-5 cm' lik kısmında bir süre yüksek sıcaklık (80 °C) ve yaklaşık 15000 kJ/kg' lık bir ısı değeri ortaya çıkmaktadır. Bu değer toprak içerisinde bulunan mikroorganizmaların yok olmasına ve böylece zararlı-yararlı dengesinin bozulmasına yol açacaktır (**Güler 1993**).

Tarım elverişli topraklar işlenmeye başlandıktan sonra organik madde miktarında bir azalma görülür. Toprağın işlendiği ilk yıllarda organik madde kaybı daha fazla olup, sonra azalmakta ve sonunda toprak organik maddesi oldukça stabil bir düzeye erişmektedir. İşlenmiş topraklarda organik madde miktarının azalmasının başlıca nedenleri; organik maddenin ürünle topraktan uzaklaştırılması yani toprağın ürettiği organik maddenin toprağa geri dönmemiş olması ve toprak işlemenin toprağı havalandırarak organik maddenin kısa zamanda ayrışmasını sağlamasıdır (**Akkuş ve Bayat 1993**).

Bitki artıkları, maksimum erozyon kontrolü, ve herbisit uygulaması ile ekimdeki problemlerin minimize edilmesi amaçlarıyla toprak yüzeyine eşit olarak dağıtılmalıdırlar. Eğer bitki artıkları toprak yüzeyinde düz (yatay) olarak bulunurlarsa, daha fazla gölge sağlarlar. Ancak, dik durumdaki bitki artıkları da toprak yüzeyindeki rüzgar erozyonunu azaltırlar ve kar yağışı olan bölgelerde kar tutarlar. Diğer taraftan, toprak yüzeyinde düz (yatay) duran bitki artıkları ise daha hızlı ayrışırlar ve sezon boyunca olan ot kontrolünde göz önüne alınmaları gerekmektedir (**Unger 1994**).

Bitki artıkları toprak işlemeyle toprağa karıştırıldığı ya da dik konumda (herhangi bir işlem yapılmadan) bırakıldığı zaman, çürüme hızları toprağın su içeriği, sıcaklığı, besin maddesi durumu, toprağın mikrobiyal biyokütlesi ve toprağın havalandırılmasından etkilenmektedir. Artığın çürümesi kendisi ve toprağın fiziksel ve kimyasal karakteristiklerinden etkilenir. Bitkisel artığın çürümesi, toprak işlemeyle toprağa karıştırıldığında işlem görmeden bırakılan artıklardan daha hızlı olmaktadır (**Vigil ve Sparks 1995**).

Önal ve Aykas (1997), Pamuk saplarının parçalanıp toprağa tekrar kazandırılması durumunda, Pamuk hastalık ve zararlıları kontrol altına alınabileceği ve toprak ıslahı ile humus oluşumunun hızlanacağını belirtmişlerdir.

Önal ve Aykas (1997), organik maddelerin ayrışması sonunda oluşan humusun, toprak yapısını iyileştirip, verim yeteneğini artırdığını, humuslu toprakların daha fazla su ve oksijeni tuttuğunu ve bunun da özellikle kök gelişmesine yardım ettiğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca, İyi bir tarım toprağında %3-6 oranında organik madde bulunmasının şart olduğunu, Ülkemizdeki verim gücü zayıflamış pamuk tarlalarına pamuk saplarının parçalanarak karıştırılmasıyla, bu topraklara humus takviyesi yapılabileceğini belirtmişlerdir.

Nielsen ve Aiken (1998), değişik yükseklik ve popülasyondaki ayçiçeği saplarının üzerindeki ve içerisindeki rüzgar hızını ölçtükleri araştırmalarında, hasat sonrası tarlada dik ya da yatay duran sapların, rüzgar hızını ve dolayısı ile erozyonu önlemedeki etkinliklerini saptamayı amaçlamışlardır. Araştırma sonuçları göstermiştir ki ayçiçeği saplarının sap yüksekliği, yoğunluğu ve çap artışı sonucu silüet alan indeksi artmış, toprak yüzeyinde olan rüzgar hızı azalmış, sürtünme hızı artmış ve erozyon potansiyeli azalmıştır. 50 ila 70 cm yükseklikte kesilen dik konumdaki ayçiçeği saplarının normal miktarları rüzgar erozyonunu çıplak toprağa nazaran %5 oranında azalttığı sonucuna varılmıştır.

2.2. Artıkların Mekanizasyona Yönelik Özellikleri ile İlgili Önceki Çalışmalar

Üç çeşit silajlık mısırın kesme gerilmesini belirlemek için yapılan çalışmada, materyal yoğunluğu ve nem içeriğinin (olgunlaşma periyodu) kesme enerjisi üzerine etkileri araştırılmıştır. Araştırma sonucunda yoğunluğun kesme enerjisini önemli ölçüde etkilediği saptanmıştır. Ayrıca, nem oranı da kesme enerjisi üzerinde etkili olmaktadır **(Bright ve Kleis 1964)**.

Yonca saplarının kesme ve çekme gerilmelerini ortaya koyabilmek amacıyla yapılan çalışmada, 0.000423 m/s'lık yükleme hızında çekme gerilmesinin 1260 - 5240 psi, kesme gerilmesinin ise 58 - 2610 psi arasında değiştiği, bulunan bu değerlerin ürünün nem içeriğiyle ters, kuru madde miktarı ile doğru orantılı olduğu belirlenmiştir **(Halyk ve Hurlburt 1968)**.

Yem bitkilerinin kesme karakteristiklerine etkili faktörlerin birbirleriyle etkileşimini belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada, kesme için ihtiyaç duyulan enerjinin, olgunlaşma safhası arttıkça, ya da başka bir deyişle nem içeriği azaldıkça yükseldiği saptanmıştır **(Ige ve Finner 1975)**.

Kışlık buğday ve çeltik sapının statik kesilme direnci ve enerjisinin incelendiği araştırmada, kışlık buğdayın kesilme direncinin 24.43 N ile 54.54 N arasında değiştiği ve sapın kesit alanı ve çeşidin olgunluk derecesi dikkate alındığında, kesme dirençlerinde önemli farklılıkların olduğu saptanmıştır. Çeltik saplarının kesilme direncinin ise 44.73 N ile 67.20 N arasında değiştiği bulunmuştur. Kesme kuvvetlerindeki değişimin iki kesit alanındaki farklılıklardan kaynaklandığı ve kardeşlenme kısmındaki boğum noktasından bitkinin tepe noktasına doğru kesme kuvvetinin çok hızlı bir şekilde azaldığı, 30 cm yükseklikte minimum noktaya ulaştığını belirtilmiştir **(Janusz vd. 1978)**.

90° düz ve 30° kama açısına sahip bıçak uçlarıyla donatılmış bir kesme kutusunu kullanarak farklı kesme hızları ve nem içeriklerinde buğday sapının kesilme direnci incelenmiştir. Kesme direncinin % 15 nem içeriğine kadar nem içeriğiyle yüksek oranda artış göstermiş ve daha yüksek nem içeriklerinde neredeyse sabit kaldığı gözlenmiştir. 30°

kama açısına sahip bıçak ucuyla yapılan kesme işlemindeki kesilme gerilmesi 90° düz bıçak ucuyla elde edilen kesilme gerilmesinden daha düşük bulunmuştur. Kesme hızı sapın kesilme direncini etkilememiştir (**Vaishnav vd. 1982**).

Buğday saplarının elastik modülü laboratuvar ve tarla koşulları altında ultrasonik yöntemlerle belirlenmiştir. Sapların yapısı X ışınları ve mikrofotografi ile test edilerek araştırılmıştır. Sonuç olarak bitkisel materyalin elastik modülünün tahripsiz ölçülmesi için ultrasonik yöntemin çok faydalı olduğu belirlenmiştir (**Gawda ve Haman 1983**).

Eğilerek gerilmiş olan bir sapı kesmek için gerekli olan kuvvet ve yapılan işin miktarı, gerilmeden kesilen bir sap için gerekli kuvvet ve yapılan işle karşılaştırıldığında neredeyse % 50 daha az olmuştur. Kesme işleminin gerilmiş olan sapların yönünde meydana geldiği gözlenmiştir (**Sakharov vd. 1984**).

3 cm çapındaki mısır sapını kesmek için gerekli ortalama kuvvet 35 kgf (22 - 58 kgf) olarak belirtilmiştir. Kesme enerjisinin 1.3 cm kalınlığındaki sapta 20 kg-cm iken, 3.8 cm' lik sapta 155 kg-cm olduğu saptanmıştır. Gövde özü her ne kadar gövdenin % 70'ini oluşturmaktaysa da bu bölgenin kesme direnci bütün sapın kesme direncinin ancak % 13'ünü oluşturduğu açıklanmıştır (**Akdemir ve Zeren 1985**).

Toprak kanalında toprak işlemez tarım (no-tillage) koşulları yaratılarak döner kesicilerin (diskler) mısır sap artıklarını kesme özellikleri test edilmiştir. Mısır sapının fiziksel özelliklerinin ele alındığında, mısır sapının kesit alanının artmasıyla kesme enerjisi ve eğilme kuvveti artmış fakat, mısır sapının nem içeriğinin artmasıyla eğilme kuvveti azalmıştır. Bıçak bileme açısının mısır sapını kesmeyi etkileyen en önemli kesici özellik olduğu sonucuna varılmıştır (**Choi ve Erbach 1986**).

Sapın kesilme işlemi, uygulama basıncın bıçağın materyali kesme özelliği kazanana kadar materyali sıkıştırması ve kesilmekte olan materyal içerisinde bıçağın hareketi olmak üzere iki aşamada incelenebilir. (**Sitkei 1986**).

Bıçaklarda kesici ucun kalınlığı çeşitli şekillerde kesme direncini etkilemektedir. Kesici kalınlığı 70-80 µm kadar olan bıçaklarda kesme kuvveti sabit, daha büyük kalınlıklarda önemli derecede artmaktadır. Sonuç olarak kolayca deforme olması ve hızlı şekilde yıpranmasına karşın enerji tüketimi değerlerinde herhangi bir gelişme görülmediğinden çok ince bıçak uçlarının kullanılması tavsiye edilmemektedir (**Sitkei 1986**).

Kesilme direncinde kritik bir değer aşıldığı zaman materyalin deformasyona uğraması genel bir hipotez olduğu ifade edilmiştir. Bir lif ya da liflerden oluşan bir tabakadaki kesme direnci, life dik konumda olan sıkıştırma direnci ve lif doğrultusundaki gerilme direncinin birleşiminden oluşmaktadır. Gerilme direncinin lifin eğilmesi ve iki ucundan çekilmesiyle meydana gelen direnç olduğu ve normalde lifin deformasyonunun oluşmasında etkili olmadığı vurgulanmıştır (**Persson 1987**).

Ayçiçeği sapının gerilme direnci 2.8 – 8.7 N/mm², %81 nem içeriğinde kesilmesi için gerekli kesilme enerjisi 0.455 J/mm²'dir (**Persson 1987**).

Beş farklı materyalin kesme gerilmesini belirlemek amacıyla üç değişik nem ve yükleme hızında yapılan çalışmada; buğday için 284 - 1250 N/cm², arpa için 190 - 604 N/cm², İtalyan çimi için 705 - 1050 N/cm² ve yonca içinde 990 - 1385 N/cm² arasında değerler bulunmuştur. Varyans analiz sonuçlarına göre kesme gerilmesi üzerine nem ve yüklenme hızının etkisinin önemli olduğu belirtilmiştir (**Öğüt vd. 1992**).

Hasat işlemleri süresince sap materyallerinin hareketlerinin simulasyonu için çeltik saplarının gerekli özellikleri yapılan bir çalışmayla ölçülmüştür. Bu araştırma sonucunda çeltik sapının lineer ağırlığı (g/cm) ve kesilme kuvveti arasındaki ilişki ortaya çıkartılmıştır. Çeltik saplarında 0.01821 g/cm ile 0.8363 g/cm lineer ağırlığındaki kesilme kuvveti değerinin 28 ile 78 N arasında değiştiği, kesilme direnci ve lineer ağırlık arasında doğrusal bir ilişki olduğu, ayrıca etkili sap alanı ile kesilme direnci arasında bir ilişki olduğu belirtilmiştir (**Usrey vd. 1992**).

Yapılan bir dizi kesme deneyleri sonucunda kesme gerilmesinin ve özgül kesme enerjisinin bitkinin (pamuk, mısır, buğday ve soya fasulyesi) kesit alanından bağımsız olduğu bulunmuştur. Bitkilerin kök bölgesinden üst noktaya kadar olan değişik bölgelerinde kesme kuvveti istatistiksel olarak önemli çıkmıştır. %10 ile % 20 arasındaki nem içeriği kesme kuvveti üzerinde önemli olurken boğum noktası da kesme üzerinde önemli bulunmuştur (**Çakır vd. 1994, Çakır vd. 2001**).

Toprakta hasat sonrası kalan bitki artıklarının kolayca çürüyebilmeleri ve ekim-dikim gibi işlemlerde sorun oluşturmalarını engellemek için, kesilerek deformasyona uğratılmaları gerekmektedir. Bu yüzden, bu artıkların mekanik kesme davranışlarının belirlenmesi önem kazanmaktadır (**Çakır 1995, Çakır vd. 2001**).

Dört bitki; pamuk, mısır, buğday ve soya fasulyesi ele alınmış ve bunların hasat sonrası artıklarının toprak zemini üzerindeki kesilmesinin mekaniği irdelenmiştir. Kesilme kuvveti ve gerilmeleri, kesilme enerjisi, özgül kesilme enerjisi, ve bitki boyunca uygulanan gerilmenin etkileri incelenmiş. Bitki artıklarının toprak zemin üzerinde kesilmesinde boyutsal analiz tekniği uygulanmıştır. Bitki sap artıklarının toprak zemin üzerinde kesilmesinin, sert zemin üzerinde kesilmesine göre farklı olmaktadır. Mısır bitkisi hariç diğer bitkilerin saplarının kesilmesinde kesilme kuvveti doğrusal olarak artmakta ve kesilme kuvvetinin maksimum olduğu noktada gerçekleşmektedir. Mısır sapının kesilme kuvvetinin değişimi sert zemin üzerinde kesilmesindeki davranışı gibidir; kesilme kuvveti önce lineer olarak artmakta, bir dereceden sonra bu değer sabit kalmakta ve kompresyon bittiğinde de ani olarak maksimum değerde kesilme olmaktadır (**Çakır vd. 1997**).

Bitki artıklarının toprak zemin üzerinde kesilmesinin mekaniğinin incelendiği araştırmasında ele alınan faktörlerin bitki saplarının kesilmesine etkisi Çakır'ın 1994, 1995 yıllarında yaptığı toprak ve sert zemin üzerindeki bitki saplarının kesilmesinin incelendiği araştırma sonuçlarıyla aşağıda ifade edildiği gibi büyük oranda benzerlikler göstermiştir. Araştırma sonuçlarına göre kesme gerilmesi ve özgül kesme enerjisi bitki saplarının kesit alanlarından bağımsızdır. Açılı bıçakla kesmede nemin etkisi bulunmamıştır. Aynı şekilde mısır bitki saplarının her iki bıçakla (düz ve açılı) kesilmesinde nem önemli fark yaratmamıştır. Düz bıçakla kesmede mısır bitki sapı hariç diğer bitki saplarında nemin

etkisi önemli çıkmıştır. Nem arttıkça kesme kuvveti, kesme gerilmesi, toplam kesme enerjisi ve özgül kesme enerjisi artmıştır. Bitki saplarının kökten itibaren uca kadar değişik bölgelerinin kesilmesinde bazı ölçümler buğday bitki sapı hariç önemli çıkmıştır. Bitki sapının her iki ucundan tutulması veya germe kuvveti bitki saplarının toprak zemin üzerinde kesilmesinde önemli bulunmuştur. Ancak bitki saplarının kesilmediği yumuşak zeminlerde bu kuvvet bitki saplarının kesilmesine yardımcı olmaktadır. Özellikle nemli bitki saplarının kesilmesinde toprağın direnci önemli rol oynamaktadır. Net sap kesme kuvveti değişmemesine rağmen daha sert toprak zemin üzerinde kesme kuvvetleri (toprağın+sapın kesilmesi) artmaktadır. Uygun bir toprak direnci hasat sonrası bitki artıklarının kesilmesi için şarttır. Kesit alanı arttığı oranda kesme kuvveti ve toplam kesme enerjisi artarken kesme gerilmesi ve özgül kesme enerjisi değişmemektedir (**Çakır vd. 1997**).

Kayıoğlu vd. (1999), Ayçiçeğinin mekanizasyona yönelik bazı özelliklerinin belirlenmesi için çalışma yapmışlar, hasada yönelik olarak ayçiçeği sapının mekanik özellikleri belirlenmiş. Kesme kuvvetinin 23.9 N ile 33.6 N arasında değiştiği ve sapın nem içeriğiyle artış gösterdiği bildirilmiş. Ayrıca sapın tabladan kök bölgesine doğru inildikçe kesme kuvvetlerinde artış olduğu belirtilmiştir.

2.3. Sap Parçalama Yöntem ve Makinalarıyla İlgili Önceki Çalışmalar

Toprak işleme aletlerinin malç sisteminde performanslarının incelendiği araştırmada, hasattan sonra dik konumda kalan (toprakla teması kesilmemiş) sap miktarı ve yüksekliğinin, bazı toprak işleme faaliyetlerinden sonra yüzeyde kalan toplam yüzey artığı miktarını etkilediği belirtilmiş fakat, bu toprak işleme işlemlerinden sonra dik konumda kalan artık miktarı ölçülmemiştir (**Woodruff vd. 1965**).

Toprak işlemez ve azaltılmış toprak işlemede en büyük sorun tohumun bitki artıklarının altına yerleştirilmesidir. Bu konuda yapılan çalışmalarda bitki artıklarının (pamuk saplarının) boylarının ekim kalitesi yönünden etkileri incelenmiştir. İstatistiksel olarak 7.6 cm, 15.2 cm ve 22.9 cm uzunluğundaki sapların olduğu parsellerde ekim kalitesi

yönünden fark görülmemişse de, 22.9 cm sap boyu olan parseller ekimde daha çok sorun yaratmıştır (**Jones vd. 1969**).

Bitki artıklarının toprak işleme ve ekimle ilişkilerinin incelendiği bir araştırmada, tarlada kalan pamuk saplarının bir sonraki ürünün ekiminde sorun yaratabileceği belirtilmiştir. Araştırma sonucunda, pamuk saplarının sap keserle 7.5 cm' den daha kısa parçalanmasının çok az ek bir yarar sağladığı ve sap uzunluğunun 20- 22.5 cm' ye çıkması durumunda ekim makinalarının gömücü ayaklarında tıkanmalar olduğu saptanmıştır (**Colwick vd. 1971**).

Bıçakları düşey düzlemde dönen yerli yapım makinanın buğday ve ayçiçeği saplarını parçalama etkisini belirlemek için yapılan bir çalışmada, buğday anızının parçalanması için T biçimli, ayçiçeği anızını parçalamak için T ve Y biçimli bıçaklar kullanılmıştır. Bu makineyle minimum ayar konumunda tüm buğday sapları 6.7 ± 3.2 cm boyutlarında tamamen parçalanıp toprağa karıştırılmıştır. Maksimum ayar kademesinde ise beklenen etki gerçekleşmemiş, kökler %95 oranında parçalanmadan tarlada kalmıştır. Ayçiçeği anızında ise her iki bıçakla gerek minimum gerekse maksimum ayar kademesinde bitkinin toprak üstü kısımları, ortalama 13.1 cm ile 18.4 cm boyutlarında, tamamen kesilip parçalanmıştır. Toprak altı kök kısımları ise güçlü olduğundan tamamen parçalanamamıştır. En yüksek parçalama etkisi T şekilli bıçak ile minimum ayar konumunda çalışırken elde edilmişken, Y şekilli bıçakla orta ayar konumunda çalışırken parçalama etkisi en az olmuştur (**Arın ve Ülger 1987**).

İyi bir tohum yatağı hazırlığı ve ekim makinalarının tıkanmadan çalışabilmesi için yüzey artıklarının parçalanarak toprağa karıştırılmaları veya toprak yüzeyine düzenli olarak yayılmaları gerekmektedir. Aksi bir durumda tohumun yerleştirildiği toprak tabakasının sıcaklığının düşmesine bunun sonucunda çimlenme ve hasat tarihlerinin gecikmesine, bitki gelişiminin zayıflamasına, verim azalmasına ve hastalık ile zararlıların gelişmesine uygun bir ortamın oluşmasına neden olmaktadır. Sap, saman, anız gibi yüzey artıklarının parçalanarak toprağa karıştırılması veya tarla yüzeyine yayılmalarında sap parçalama makinaları, V tipi diskler, dişli tırmıklar vb.'leri kullanılmaktadır. Bunların

dışında biçerdöverin arkasına monte edilebilen saman kıyıcı ya da sap yayıcılarından da yararlanılmaktadır (**Gregorie ve Sabolik 1989**).

Sap keser makinalarının ve serbest kesme işleminin teorisinin incelendiği araştırmada, sap keserlerin çevresel hızı, çarpma enerjisi, serbest kesme eğrisi, kesme noktası ve kesme kuvveti gibi bazı özelliklerini laboratuvar ve tarla koşullarında belirlenmiştir . Yapılan denemeler sonucunda bıçakların enerji tüketimleri 240–289 kgm arasında olmuştur. Güç tüketimleri 540 d/d kuyruk mili devrinde ilk hareketlenmede 4.2 BG, çalışma aşamasında 1.74 BG, durma aşamasında 0.86 BG bulunmuştur (**Güzel ve Zeren 1989**).

Karakaya ve Yıldız (1990) Çukurova bölgesinde pamuktan sonra buğday tarımında toprak işleme ve ekim yöntemlerinin ürün verimi, zaman tüketimi ve ekonomiklik açısından karşılaştırılmasını yaptıkları araştırmada, sap keserin kullanıldığı dört farklı mekanizasyon sistemini karşılaştırmışlar. Gerek kira bedellerinin düşük olması, gerekse işlemin kısa sürede bitirilebilmesi nedeniyle pamuk sapları sap keser v.b. bir aletle ile parçalandıktan sonra toprağın goble diskaro ile yüzeyden işlenmesi, tohum ve gübrenin santrifüj dağıtıcılarla serpmeye olarak dağıtılması ve son olarak tohum ve gübrenin diskarotoz tapanı ile toprağa karıştırılmasını önermişlerdir.

Biçerdöverin arkasında üniform bir sap dağılımı, artıkların değerlendirilmesinde önemli bir faktördür. Eğer dağılım düzgün olmazsa yabancı ot tohumları belirli bölgelerde yoğunlaşacak, herbisitlerin etkileri azalacak, tarlanın belirli bölgeleri böcek istilasıyla karşı karşıya kalacak, toprağın güneşten yararlanma oranı düşecek, toprak işleme ve ekim performansı olumsuz yönde etkilenecektir. (**Coutts ve Smits 1991, Smith 1996, Korucu vd. 1999**).

Toprak işlemede anızın toprağa daha yüksek oranda karıştırılabilmesi ve toprağa karıştırılan parçaların daha kısa sürede çürüyebilmesi için, mümkün olduğunca kısa boyutlarda parçalanması gerekmektedir. Anız ve sap+samanın kısa olarak parçalanarak toprağa düzgün ve yüksek oranda karıştırılabilmesi dönel toprak işleme aletleri ile daha kolay olmaktadır (**Tuncer ve Wieneke 1992**).

Bazı toprak işleme aletlerinin yardımıyla tarla yüzeyinde dik ve yatık konumda duran bitki artıklarının azaltılmasının incelendiği araştırmada, çizel pulluk, tandem diskli tırmık ve anız pulluğu kullanılmış, mısır ve buğday artıkları ele alınmıştır. Belirlenmiş olan toprak işlemeye bağlı olarak dik duran atıkların azaltılmasını belirlemek, toprak işlemeyen sonra dik, yatık ve gömülen artıkların miktarlarındaki değişimleri belirten katsayıları belirlemek amaç edinilmiştir (**Wagner ve Nelson 1995**).

Parçalanmış bitki saplarının boyutu, artıkların çürümesinde etkiye sahiptir. Bir sap parçalayıcı ya da toprak işleme aleti tarafından parçalanmış ve doğranmış olan bitki artıkları herhangi bir işlem görmeden bırakılan artıklardan daha küçük parça büyüklüğüne sahiptirler. Bir bitkisel artığın parçalanarak küçük parçalara dönüştürülmesiyle mikrobiyal hareket için daha fazla yüzey alanı meydana getirilir. Yüzey alanları arttığı için parçalanmış olan bitkisel artıklar bozulmadan bırakılan artıklardan daha hızlı çürürler (**Vigil ve Sparks 1995**).

Ayçiçeği saplarının farklı mekanizasyon uygulamalarıyla parçalayıp, toprak bünyesine karıştırdıktan sonra toprağa ve sonraki ürüne etkilerinin araştırıldığı araştırmada kullanılan sap parçalama makinasıyla ilgili şu sonuçlar alınmıştır. Parçalanmış olan sapların uzunluklarının 2 – 59 cm arasında değiştiği ve varyasyon katsayısının ise %56.4 olduğu hesaplanmış ayrıca parçalama işleminden sonra tarla yüzeyinde 136.8 kg/da sap kaldığı saptanmıştır. Hasattan sonraki yüzey artıklarının %81.8'inin parçalama sırasında toprağa karıştığı görülmüştür (**Şahin 1998**).

Anızın toprağa karıştırılmasında kullanılan döner tip parçalayıcıların işleyici organlarının geliştirilmesi üzerine yapılan çalışmada, kuyruk milinden hareketli sap parçalama makinasının buğday ve ayçiçeği saplarını parçalamak için kullanılabilmesi bildirilmiştir. Ayrıca, bu araştırmada farklı bıçak tiplerinin ayçiçeği ve buğday anızı parçalama etkinliği de saptanmıştır (**Babacan 2001**).

Mısır, ayçiçeği ve pamuğun ön ürün olarak ekili olduğu tarlalarda bu bitkilerin kökleri ekim makinasının çalışmasını engellemekte ve tıkanmalara neden olmaktadır. Bu

gibi koşullarda ise sapları s3k3p parçalayarak yayan kombine makinalar ya da bu işlemleri ayrı ayrı yapan alet ve makinalar kullanılmaktadır (**Dursun 2001**).

Artıkların g3m3lmesi 3zerine toprak işleme derinliği ve toprak işleme aletinin tipinin etkilerinin araştırıldığı bir araştırmada, y3zey artıklarının işlenmesi için toprak işleme aletlerinin yeteneğinin aletin ana aktif organlarına b3y3k oranda bağlı olduğu saptanmıştır. Farklı toprak işleme derinliklerinde çalışılarak y3zey artıklarının işlenmesinde iki grup toprak işleme aleti karşılaştırılmış, izel tipi aletlerin bitki artıklarını diskli tip aletlerden çok daha az g3md3ę3 belirlenmiştir. Bu araştırmada diskli tip aletlerin etkinliğinin toprak işleme derinliğine y3ksek oranda bağlı olduğu bulunmuştur. Y3zey artıklarının toprak y3zeyini yeterli miktarda kaplamasında toprak işleme aletinin yeteneğinin tam olarak anlaşılması için erozyonun minimize edilirken 3retim maksimize edilmesi için uygun aletlerin seçilmesi gerektiği belirtilmiştir (**Raper 2001**).

Durduyev ve Dursun (2002); Sap parçalama ve farklı toprak işleme y3ntemlerinin mısır saplarının toprağa karışmasına etkilerini belirlemek için çalışma yapmışlardır. Denemelerde 8 farklı toprak işleme y3ntemi ayrıca bir sap parçalama makinası kullanılarak saplar parçalanmış, toprak işleme y3ntemlerinin g3mme ve karıştırma etkinlikleri, hem sap parçalama yapılarak hem de yapılmadan belirlenmiştir. Araştırmanın sonucuna g3re, sap g3m3lme oranı 3zerine toprak işleme y3ntemi, sap y3ksekliği ve sap parçalamanın etkisi 3nemli bulunmuştur ($p < 0.01$). Kısa sapta (14.77 cm) g3m3lme oranı uzun sapa (31.20 cm) g3re daha y3ksek bulunmuştur. Kısa sapta sap g3m3lme oranı toprak işleme y3ntemlerine bağlı olarak % 78.77 ile % 93.63 arasında, uzun sapta ise % 70.18 ile % 88.11 arasında bulunmuştur. Sap parçalama, sap g3m3lme oranını artırmıştır. Sap parçalamayla sap g3m3lme oranında sağlanan artış, toprak işleme y3ntemlerine bağlı olarak % 9.75 ile % 14.27 arasında daha y3ksek bulunmuştur.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırmada kullanılan bitkisel materyal ve deneme alanı

Araştırmada bitkisel materyal olarak bölgede yoğun bir şekilde tarımı yapılan ve hasattan sonra tarlada fazla miktarda biyolojik kaynaklı artık bırakan ayçiçeği bitkisi tercih edilmiştir ve denemelerin yürütüldüğü T.Ü. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Üretim arazisinde ticari amaçla ekilmiş olan SANBRO E-0634 / 01 hibrit ayçiçeği çeşidinin sapsarı kullanılmıştır.

Ayçiçeği *Companuletea* takımından, *Compositae* familyasından, *Tubuliflorea* alt familyasından, *Helianthus* cinsinden ve *H.annuus* L.türünden tek yıllık bir bitkidir. Saçak köklüdür, kısa bir ana kök ve bunun etrafında dallanmış yan kökler bulunur. Kök sistemi kuvvetli değildir. Ayçiçeğinin sapsarı kuvvetli teşekkül eder. 1 ile 5 m arasında boylanır, ancak 1.5-2.0 m boy normal kabul edilmektedir. Kalınlıkları dipte 1-10 cm olup, ortalama 3-5 cm' dir. Genel olarak bitkideki yaprak sayısı 15-30 arasında değişir. Tablalar ana sap veya dalların uçlarında teşekkül eder. Ana sap ucundaki tabla, dal uçlarında teşekkül eden tabladan daha büyük olur. Ancak ayçiçeği bitkisinin tek tabla oluşturması istenir. Tablanın çapı bitkiden bitkiye değişiklik göstermektedir. Yeni çeşitlerde tablanın çapı 10-60 cm arasında, çoğunlukla 15-30 cm olurlar. Tane özellikleri de çeşitlere göre değişmektedir (İlisulu 1973).

Denemelerde kullanılan ayçiçeği sap artıkları T.Ü. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü laboratuvarında analiz edilmiş ve ayçiçeği sap artıklarına ait bazı kimyasal özellikler Çizelge 3.1.'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Ayçiçeği Sapsarının Kimyasal Özellikleri

N (%)	0,66
P (%)	0,18
K (%)	0,62

Denemeler T.Ü. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Üretim alanlarında yürütülmüştür. Bu alana ait toprak analizleri Tekirdağ Tarım İl Müdürlüğü Toprak laboratuvarında yapılmış ve sonuçlar Çizelge 3.2.'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Deneme Alanına Ait Toprak Analiz Sonuçları

Derinlik (cm)	Tekstür (%)			PH	Su ile Doy (%)	Nem (%)	Organik Madde (%)	P (kg/da)	K (kg/da)
	Kum	Silt	Kil						
0-30	31.96	25.52	42.52	6.2	5.7	19-23.7	1.22	5.2	30

Denemeler ayçiçeği hasadını takip eden Eylül 2001 ve Eylül 2002 aylarında yapılmıştır. Denemelerin yapıldığı bölgeye ait meteorolojik veriler Çizelge 3.3.'de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Denemelerin Yapıldığı Bölgeye Ait Meteorolojik Veriler (Anonymous 2002)

Meteoroloji İstasyonu: Tekirdağ Enlem : 40.59° Deniz Seviyesi: 4 m									
Aylar	Uzun Yıllar Ort.			2001			2002		
	Sıcaklık (°C)	Yağış (kg/m ²)	Nem (%)	Sıcaklık (°C)	Yağış (mm)	Nem (%)	Sıcaklık (°C)	Yağış (mm)	Nem (%)
Ocak	4.3	71.8	81	7.3	50.0	87.2	3.7	14.7	79.1
Şubat	5.2	52.5	79	7.2	86.6	79.3	8.2	35.9	78.7
Mart	6.7	53.8	77	12.3	22.8	74.5	9.4	55.0	76.2
Nisan	11.5	41.4	74	12.4	68.6	76.5	10.9	37.9	74.0
Mayıs	16.6	27.2	74	16.9	57.2	67.0	17.1	5.6	68.6
Haziran	20.9	37.4	70	21.3	9.2	61.5	22.3	43.8	66.7
Temmuz	23.4	20.1	66	25.7	20.8	65.3	26.0	42.9	66.6
Ağustos	23.5	12.2	66	25.2	8.6	67.0	24.3	31.9	69.7
Eylül	19.7	29.3	71	21.1	51.1	71.3	20.1	141.8	79.4
Ekim	15.3	57.5	76	16.6	1.5	71.7	16.1	35.7	76.0
Kasım	11.4	81.2	81	9.8	109.9	77.6	12.8	76.1	82.9
Aralık	7.3	85.3	82	2.1	210.6	84.1	5.6	33.3	77.5

3.1.2. Denemelerde kullanılan makinalar

Ayçiçeği saplarının parçalanması amacıyla yapılan bu araştırmada; alternatif olarak geliştirilen prototip sap parçalama makinasının yanı sıra Trakya yöresinde ayçiçeği üretiminde uygulanan mevcut mekanizasyon zinciri içerisinde bulunan ve üreticilerin sapları parçalamak için kullandığı alet ve makinalarda karşılaştırma yapmak amacıyla seçilmiştir. Bu makinaların özellikleri aşağıda belirtilmiştir.

3.1.2.1. Diskli tırmık

Diskli tırmık yörede oluşmuş olan mekanizasyon zinciri içerisinde sap parçalamanın dışında tohum yatağı hazırlamada, ikilemede, üçlemede ve yabancı ot kontrolü gibi işlemlerde de kullanılmaktadır (Şekil. 3.1.). Denemelerde kullanılan diskli tırmığa ait bazı teknik özellikler Çizelge 3.4.'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Diskli Tırmık

Çizelge 3.4. Araştırmada Kullanılan Diskli Tırmığın Teknik Özellikleri

Toplam uzunluk (mm)	4000
Toplam genişlik (mm)	2400
İş genişliği (mm)	2240
Toplam yükseklik (mm)	1050
Toplam ağırlık (kg)	1000
Batarya sayısı (adet)	2
Disk sayısı	20
Disk çapı (mm)	60
Diskler arası mesafe (mm)	225
Disk derinliği (mm)	75
Traktöre bağlantı şekli	Çekilir tip
Traktör gücü (BG) (Katolog değeri)	50-60

3. 1.2.2. Frezeli sap parçalama makinası

Bu makine bir sap parçalama ve sap toplama tırmığı olmak üzere iki ayrı üniteden oluşmaktadır. Makine traktöre üç nokta askı düzeneği yardımıyla asılır tip bağlantı ile bağlanmaktadır (Şekil 3.2.). Makinanın parçalama ünitesi hareketini traktör kuyruk milinden almaktadır. Kuyruk milinden bir şaft aracılığıyla alınan hareket sap parçalama makinasının dişli kutusuna iletilmektedir. Makinanın dişli kutusuna gelen hareket 90° yön değiştirmekte ve şaftlı bağlantı yardımıyla kayış-kasnak düzeninin bulunduğu mile sağlı sollu iletilmektedir. Dişli kutusuna 540 d/d ile giren hareket 2.6 oranında artmaktadır. Kayış-kasnak düzenine gelen hareket, parçalayıcı bıçakları üzerinde taşıyan ve bu bıçaklara hareket verip kılavuzluk eden tambura iletilmektedir.

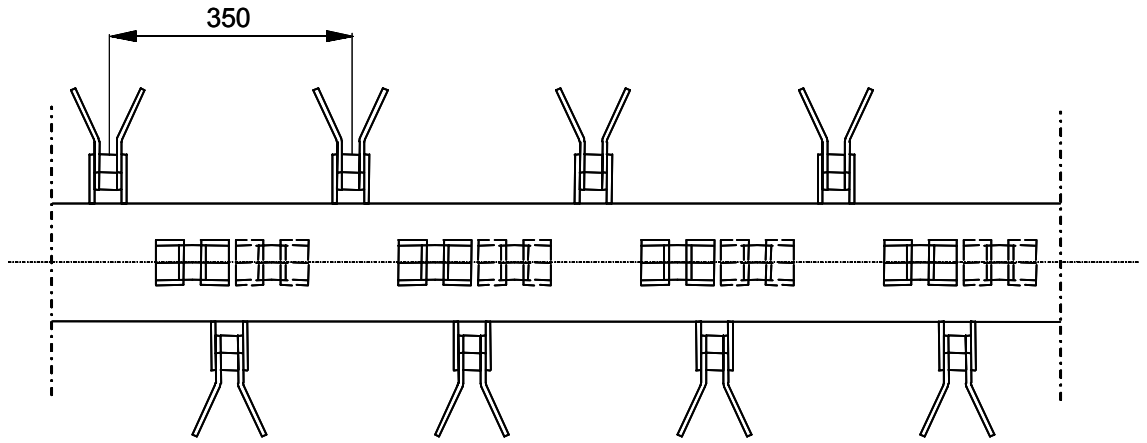
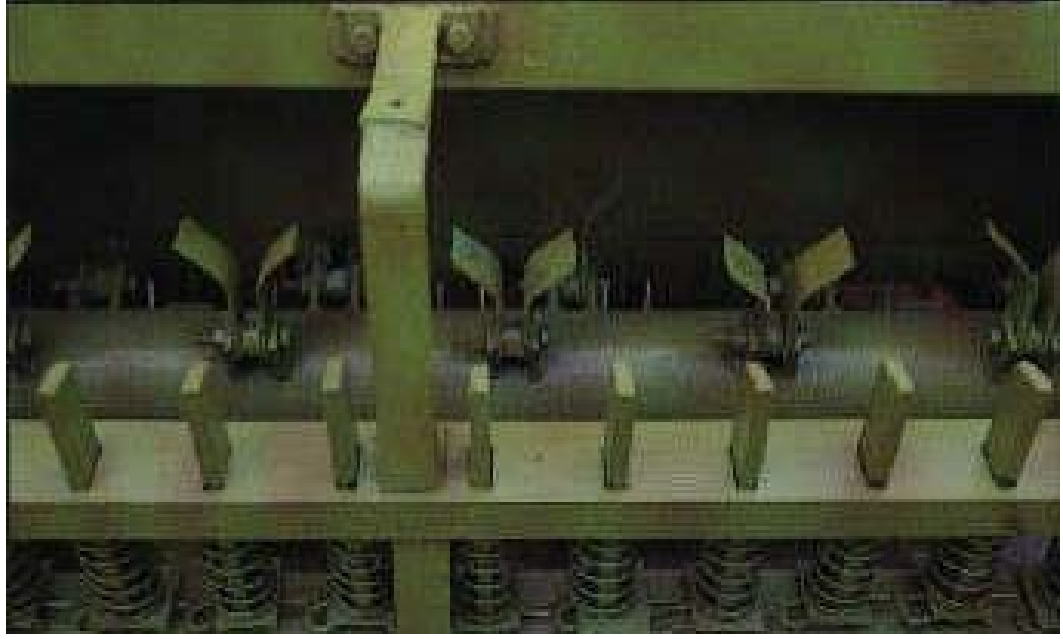


Şekil 3.2. Freze Tipi Sap Parçalama Makinası

Parçalayıcı bıçaklar döner tambura oynak şekilde ve bir bağlantı yerinde iki adet bıçak olmak üzere bağlanmıştır. Bıçak çiftleri tambura helezonik bir dağılım yapacak şekilde dizilmişlerdir (Şekil 3.3.).

Parçalayıcı ünitenin hemen arka kısmında parçalanmamış sapların bıçaklar üzerine beslenmesi için bir adet toplama tırnağı bulunmaktadır. Bu toplama tırnağının dişleri arasındaki mesafenin değiştirilmesiyle parçalama boyutları ayarlanmaktadır.

Sap parçalama makinasına ait teknik özellikler Çizelge 3.5.' de verilmiştir.



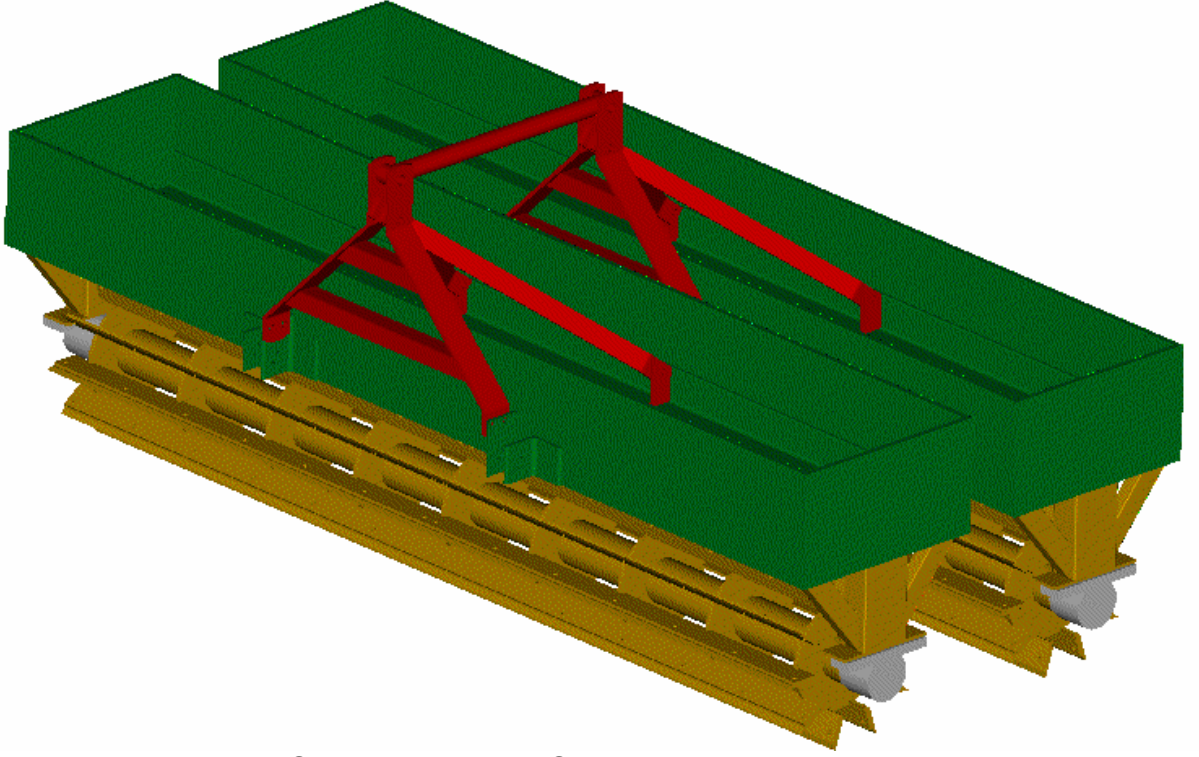
Şekil 3.3. Freze Tipi Sap Parçalama Makinası Bıçak Dizilimi

Çizelge 3.5. Freze Tipi Sap Parçalama Makinasının Teknik Özellikleri

Toplam yükseklik (mm)	1200
Toplam uzunluk (mm)	1410
Toplam genişlik (mm)	3340
İş genişliği (mm)	3000
Toplam ağırlık (kg)	1190
Bıçak tambur çapı (mm)	159
Bıçak tipi	L
Bıçak malzemesi	38Si7
Bıçak sertliği (BSD)	240
Bıçak sayısı (adet)	44 çift
Bıçaklar arası mesafe (mm)	175
Makinanın sap toplama tırmığı yüksekliği (mm)	630
Tırmık dişleri arası mesafe (mm)	100
Traktöre bağlantı şekli	Asılır tip
Traktör gücü (BG) (Katalog değeri)	80-100

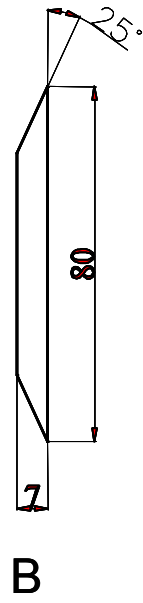
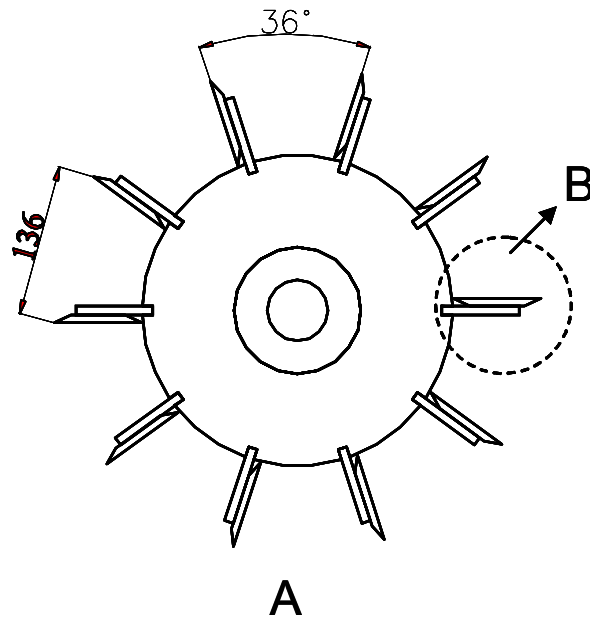
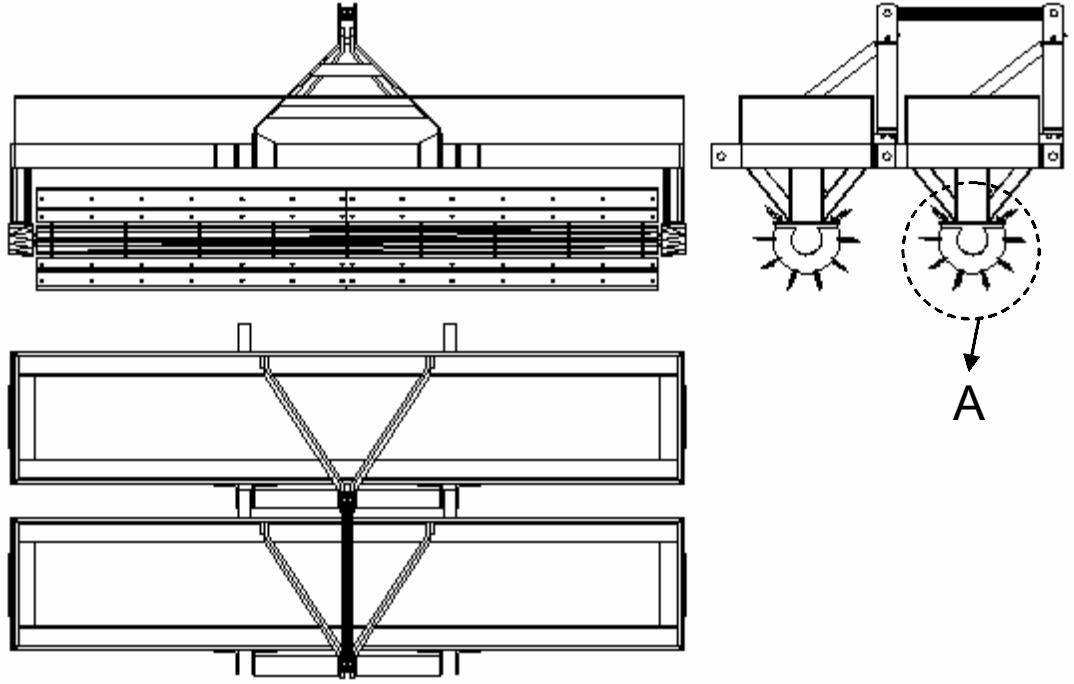
3.1.2.3. Prototip sap parçalama makinası

Yörede kullanılan sap parçalama makinalarına alternatif olacak bir sap parçalama makinası T.Ü. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümünde bir proje dahilinde tasarlanmış ve Trakya yöresindeki bir sanayi kuruluşuyla işbirliği yapılarak prototip olarak imal edilmiştir (Şekil 3.4.).



Şekil 3.4. Prototip Sap Parçalama Makinası

Prototip, aynı özelliklere sahip iki makinanın tarla yüzeyindeki düzensizliğe uyum sağlayacak şekilde mafsallı biçimde tandem olarak bağlanmasıyla oluşturulmuştur. Her bir makina parçalama ünitesi ve gerekli olduğu zaman ek ağırlıkların konulacağı depodan oluşmaktadır. Prototip makinaya ait teknik özellikler Çizelge 3.6.'da verilmiştir. Makinanın birinci ünitesi ayakta kalan saplara toprak zemin üzerine yatırmakta ve ilk parçalama işlemini gerçekleştirmektedir. İkinci ünite ise birinci ünite tarafından parçalanmış veya parçalanmadan geçilmiş olan saplara tekrar parçalama işlemini gerçekleştirmektedir. Prototip makinaya ait komple resimler Şekil 3.5 ve detaylı resimler Ek-A'da verilmiştir. Ayrıca prototip makine, gerektiğinde üçüncü bir ünitenin ilave edilebileceği ve böylece bir geçişte üç kez parçalama işlemini gerçekleştirebileceği şekilde tasarlanmıştır.



Şekil 3.5. Prototip Sap Parçalama Makinası Üç Görünüşü ve Parçalama Ünitesi Detayı

Çizelge 3.6. Prototip Sap Parçalama Makinasının Bazı Teknik Özellikleri

Toplam yükseklik (mm)	1200
Toplam uzunluk (mm)	1470
Toplam genişlik (mm)	2826
İş genişliği (mm)	2600
Toplam ağırlık (kg)	1050
Bıçak sayısı (adet)	40
Bıçak boyutları (mm)	7 x 80 x 1300
Bıçak malzemesi	60SiMn5
Bıçak sertliği (BSD)	310
Traktöre bağlantı şekli	Asılır ve Çekilir

3.1.3. Tarla denemelerinde kullanılan traktörler

Tarla denemelerinde, T.Ü. Tekirdağ Ziraat Fakültesine ait New Holland L95 marka çift çeker traktör ve STEYR-8073 standart tip traktör kullanılmıştır. Bu traktörlere ait bazı teknik özellikler Çizelge 3.7.'de verilmiştir.

Çizelge 3.7. Denemelerde Kullanılan Traktörlere Ait Bazı Teknik Özellikler

	New Holland L95	STEYR-8073
Motor Gücü Volanda	95 BG (70 kW)	70 BG (52 kW)
Çalışma Ağırlığı	4100 kg (Yağ, su, mazot doldurulmuş 7.5/18 ve 16.9/34 lastiklerle)	2910 kg (Sürücüsüz Kabinli Ağırlık)
Motor Silindir sayısı	Fiat 8045.25K. Turbo Dizel 4	Doğrudan püskürtmeli dizel 4
Aktarma Organları Vites kutusu	12 ileri+12 geri vites	16 ileri+8 geri
Kuyruk Mili	Tam Bağımsız 13/8" – 6 kanallı şaft 2200 motor devrinde 540 d/d ve senkronize kuyruk mili	540 ve 1000 d/d
Lastik Ebatları Ön Arka	7.5 – 18 16.9 – 34	7.50 * 16 - 6 kat 13.6 / 12*36

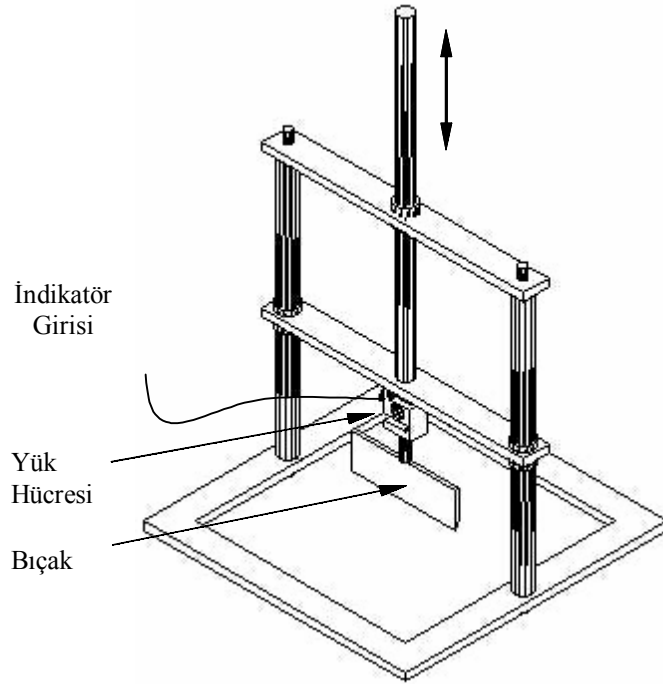
3.1.4. Denemelerde kullanılan diğer düzenekler, ölçüm aletleri ve cihazları

3.1.4.1. Kesme deney düzeneği

Prototip makinanın tasarımında temel veri kaynağı olan ayçiçeğinin fiziko-mekanik özelliklerinin belirlenmesi için sapların kesme testlerinde kullanılan bir kesme deney düzeneği oluşturulmuştur. Bu kesme deney düzeneğinin oluşturulmasında prototip makinanın çalışma prensibi dikkate alınmıştır.

Kesme deney düzeneği üç üniteден meydana gelmektedir (Şekil 3.6.). Birinci üniteyi kesme işleminin gerçekleştiği ve uygulanan kuvvetleri kesme kutusu tarzıyla bir sinyale dönüştüren yük hücresi ile bıçak ve deneme standı, ikinci üniteyi yük hücresinden alınan sinyali sayısal değere dönüştüren bir sayısal indikatör, üçüncü üniteyi de indikatörde sayısal değere dönüştüren kuvvet değerlerinin kayıt edilmesini sağlayan bir bilgisayar ve yazılım oluşturmaktadır.

Kesme deney düzeneğinde kesici bıçaklara hareket bir elektrik motoru aracılığıyla verilmiştir. Elektrik motorundan alınan dönü hareketi sonsuz vidalı bir redüktör aracılığıyla doğrusal harekete dönüştürülmüş ve kesici bıçak kesme işlemi sırasında düşey doğrultuda 6.96 mm / min hızla hareket edecek şekilde ayarlanmıştır (Beyhan ve Tekgüler 2000).



Şekil 3.6. Kesme Deney Düzeneği

Kesici bıçaklara uygulanan kesme kuvvetinin ölçülmesinde kesme kutusu yöntemiyle çalışan ESIT marka TCS 500 model bir yük hücresinden yararlanılmıştır. Bu yük hücresine ait teknik özellikler Çizelge 3.8.'de verilmiştir. Kesme testlerinde yük hücresine bağlanarak sinyallerin sayısal değere

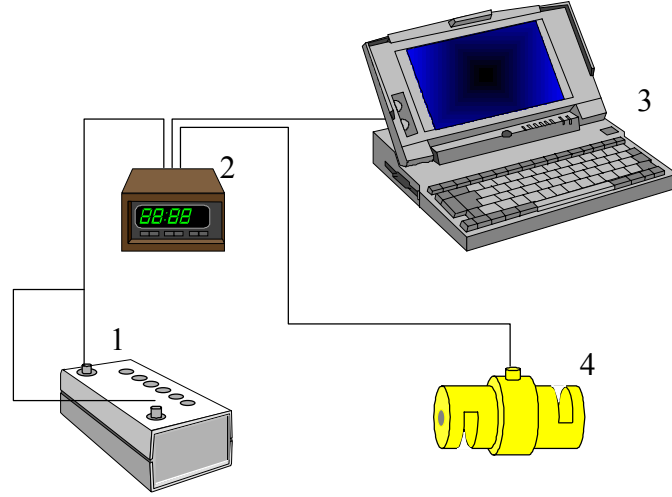
dönüştürülmesinde kullanılan indikatör bazı kalibrasyon ayarları yapılarak çeki kuvveti ölçüm düzeneğinde de kullanılmıştır.

Çizelge 3.8. Kesme Deney Düzeneği Yük Hücresi Teknik Özellikleri

Yük kapasitesi (=E _{max})	(kg)	500
Uyarma gerilimi	(V)	10
Tam yükte çıkış	(mV/V)	2±0.1%
Toplam hata	(%E _{max})	0.03
Çalışma ısı aralığı	(°C)	-20 +80
Ayarlanmış ısı aralığı	(°C)	-10 +40
Güvenli aşırı yük	(%E _{max})	100
Max. dayanma yükü	(%E _{max})	300
Max. Yan yük	(%E _{max})	100
Malzeme		Paslanmaz Çelik DIN 1.4542
Koruma		IP68 (DIN 40050)
Ağırlık	(kg)	0.8

3.1.4.2. Çeki kuvveti ölçüm düzeneği

Ayçiçeği saplarının parçalanması sırasında kullanılan makinaların çalıştırılması için gerekli olan çeki kuvvetinin belirlenmesinde çeki kuvveti ölçüm düzeneğinden yararlanılmıştır. Bu çeki kuvveti ölçüm düzeneği, çeki-bası dinamometresi, sayısal indikatör ve bilgisayardan oluşmaktadır. Çeki kuvveti ölçüm düzeneğinin şematik bağlantı şekli Şekil 3.7.'de verilmiştir.



Şekil 3.7. Çeki Kuvveti Ölçüm Düzenegi

1-Pil (Kuru tip), 2- Sayısal İndikatör, 3-Bilgisayar, 4-Yük Hücresi

Çeki kuvveti ölçüm düzeneginde çeki direncinin belirlenmesi amacıyla, CPA-2 model Strainsert Clevis dinamometresi kullanılmıştır. Dinamometrenin maksimum ölçme kapasitesi 22680 kg, ölçüm toleransı ($\%E_{max}$) 5 kg ve uyarma gerilimi 12 V AC veya DC dir. Çalışma sıcaklığı maksimum 150 °F' dir. Çıktıdaki gerilim 2 mV/V ve köprü direnci 350 Ω dır. Bu dinamometrede paslanmaz çelikten imal edilmiştir. Dinamometrenin alt ve üst noktasından aynı yönde orta noktasından ters yönde kuvvetlerin etki etmesi için bir takım aparatlar yapılarak iki traktör arasına bağlanmakta ve dinamometreye kesme kuvveti uygulanmaktadır. Uygulanan kuvvetler sonucunda değişen voltaj yükselticiye aktarılarak sinyalleri alınmakta ve indikatöre giriş yapmaktadır.

Düzenekte bulunan diğer ünite ise sayısal indikatördür. ESIT marka PWI sayısal indikatörü, saniyede 50 ölçme hızına sahiptir. Endüstriyel uygulamalar için geliştirilmiş panel tipi, duyarlı, doğruluk sınıfı yüksek olan ağırlık, kuvvet ve basınç ölçme göstergesidir. Cihazın çalışması için ek enerji verilmesi gerekmektedir ve bunun için 12 V' luk şarj edilebilen kuru pil kullanılmıştır. Test tuşu ile ekranda bütün simgeler görülmektedir. Cihazın sıfırlanması için sıfırlama tuşuna, verileri okumak için yazıcı tuşuna basılmaktadır. Cihazdan alınan verinin bilgisayara aktarılması kullanıcı tarafından belirlenen COM 2 port bağlantısı ile yapılmaktadır.

Ayrıca, düzenden alınan sayısal verilerin değerlendirilmesi amacıyla sistemde Wearnes NB386 SX-20 marka taşınabilir (laptop) bilgisayar kullanılmıştır. Çeki dinamometresinden algılanan sinyaller, sayısal indikatör üzerinden bilgisayara aktarılmıştır.

Çeki dinamometresinden elde edilen sinyallerin bilgisayara kaydedilmesi için, Procomm seri, veri haberleşmesi programı kullanılmıştır.

3.1.4.3. Yakıt ölçüm düzeneği

Farklı çalışma periyotlarında tüketilen yakıt miktarının ölçülmesinde Rudolf Schmitt marka yakıt ölçer kullanılmıştır (Çarman vd. 1995). Yakıt ölçer dizel yakıtlar için 5-70 lt/h ölçme aralığında %5 hassasiyette çalışmaktadır. Tüketilen yakıt miktarı cihaz üzerindeki analog göstergeden okunabilmektedir. Traktörün yakıt hattına monte edilmektedir.

3.1.5. Araştırmada kullanılan yazılımlar ve donanımlar

Araştırmada makinanın tasarlanmasından tarla denemelerinde elde edilen verilerin değerlendirilmesine kadar geçen aşamalarda çeşitli bilgisayar yazılımlarından yararlanmıştır.

Prototip makinanın tasarımının yapılmasında, imalat ve tasarım resimlerinin oluşturulmasında AutoCAD Release 2000 ve AutoCAD Release 2002 yazılımları kullanılmıştır. AutoCAD Release 2000, AutoCAD Release 2002 çok amaçlı bilgisayar destekli teknik çizim ve tasarım uygulama paketleridir.

Prototip makinanın iki boyutlu ve üç boyutlu tasarımının, makinenin komple ve parçalarının Sonlu Elemanlar Yöntemiyle (Finite Element Method) statik ve dinamik mukavemet analizlerinin yapılmasında Autodesk şirketinin hazırlamış olduğu Autodesk Mechanical Desktop 6.0 Power Pack ve AutoCAD Mechanical 6.0 Power Pack yazılımları kullanılmıştır. Autodesk Mechanical Desktop 6.0 Power Pack üç boyutlu ve iki boyutlu tasarım, çizim ve analiz uygulamaları, AutoCAD Mechanical 6.0 Power Pack üç ve iki

boyutlu tasarım ve çizim fakat iki boyutlu analiz uygulamaları yapan bilgisayar destekli teknik çizim, tasarım ve analiz uygulama paketleridir.

Ayçiçeğinin saplarının kesilme testleri sırasında elde edilen kuvvetlerin aracılığıyla ayçiçeği saplarının kesilme enerjilerinin hesaplanmasında Oakdale Engineering şirketinin geliştirdiği ve mühendislik verilerinin değerlendirilmesinde kullanılan DataFit 8.0 yazılımı kullanılmıştır. DataFit 8.0 kişisel kullanıcılar için geliştirilmiş çok yönlü bir data değerlendirme yazılımıdır.

3.1.6. Denemelerde kullanılan genel amaçlı ölçüm aletleri

Denemelerin çeşitli aşamalarında zaman ölçümünde kullanılan 0.1 saniye duyarlıklı kronometre, sap uzunluklarının ve çaplarının belirlenmesinde 0.05 hassasiyetli kumpas ve cep şerit metresi, deneme parsellerinin oluşturulmasında kullanılan parsel şerit metresi ve parsel kazıkları, sap ve toprak örneklerinin tartılmasında 0.01 g duyarlıklı hassas terazi, sap ve toprak örneklerinin nem içeriklerinin belirlenmesi için örneklerinin kurutulmasında NÜVE marka FN300 model etüv kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Prototip makina tasarım parametrelerinin belirlenmesi

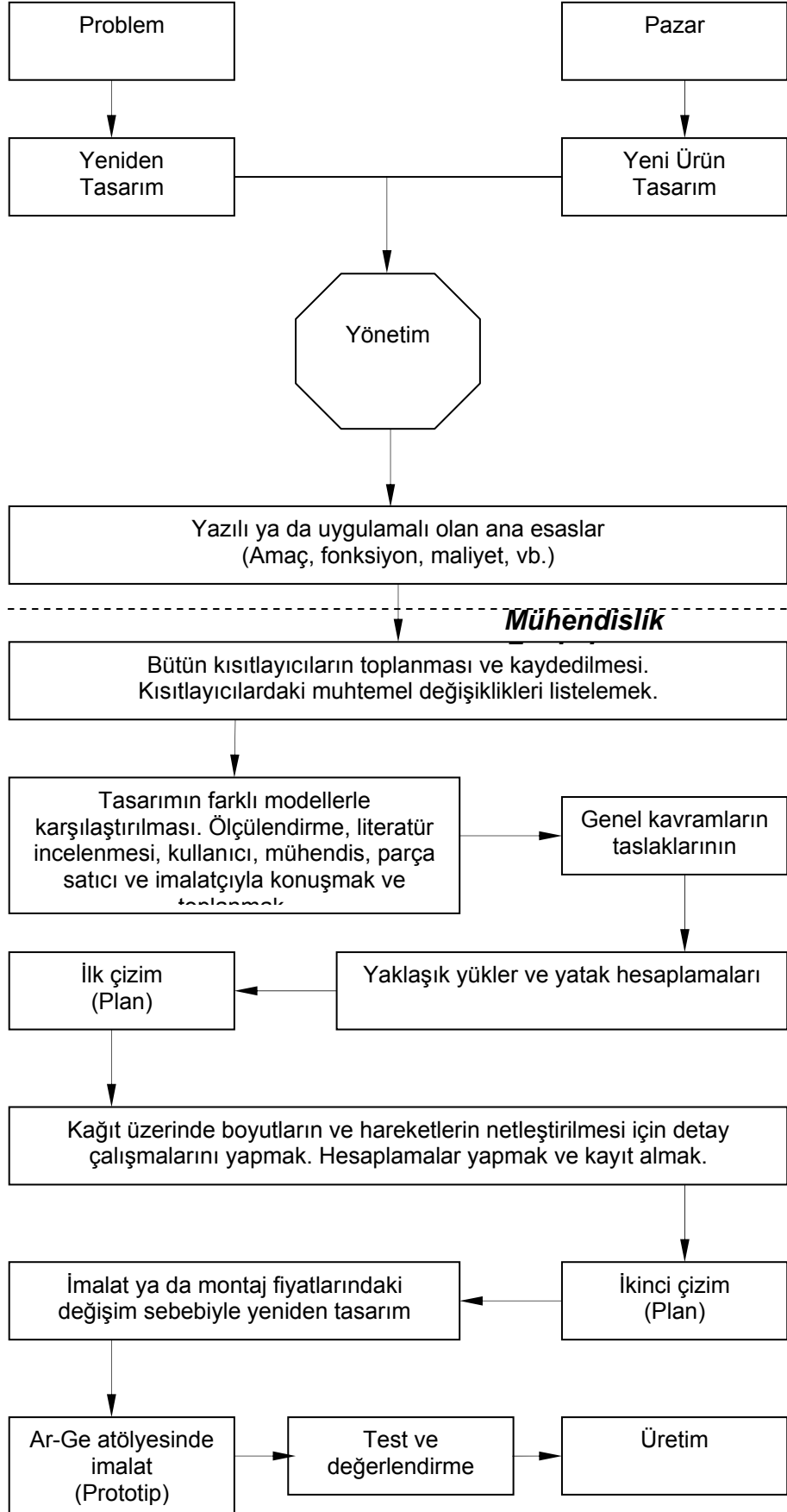
İlgi duyulan bütün bilim dalları göz önüne alındığında tasarım yapılan alanları ve tasarımın bütün özelliklerini içine alabilecek bir tanım yapmak zor ve nerdeyse imkansızdır. Bir mimar, bir inşaat mühendisi, bir kimyacı, bir makine mühendisi, bir grafiker, ressam vb. tasarımı farklı ifadelerle tanımlamaktadırlar. Hatta bazı durumlarda bilim dalının kendi içerisinde yapılan tanımlamalarda bile farklılıklar bulunabilmektedir.

Makine tasarımı; makine elemanlarını tanıyan, malzemeyi iyi bilen, imal usullerine, makine dinamiğine ve statğine hakim, şekilsel yaratıcılığı olan kimselerin belirli çizim ve normlarını uygulayarak hazırladığı imalata yönelik, resim, model, yazılı tarif, diyagram, şekil vb. çalışmaların tümüdür (Bengisu 1977).

Tasarımın tam olarak bir tanımının yapılamamasına rağmen tasarımın gerçekleştirilmesinde ortak nokta genellikle akış diyagramlarının ve modellerin kullanılmasıdır. Araştırmada prototip sap parçalama makinasının tasarımında önceden hazırlanan bir akış diyagramından yararlanılmıştır (Şekil 3.8.) (Krutz vd.1984).

Akış şeması, bir ürünün ortaya çıkarılması gereken üç aşamanın dikkate alınmasıyla oluşturulmuştur. Bunlar,

- Tasarım,
- Uygunluk,
- İş görme ve
- Ekonomiklik dir



Şekil 3.8. Prototip Sap Parçalama Makinasının Tasarım Organizasyonu

Sap parçalama makinasının tasarlanması sırasında etkili olan zorlayıcı ve yönlendirici faktörler kullanılmıştır. Bu faktörler, aşağıda belirtilmiştir.

- Ayçiçeği sapının fiziksel, mekaniksel ve kimyasal özellikleri,
- Arzu edilen parçalama büyüklüğü,
- Hasat sonrası tarlada kalan sapların oluşturduğu desen,
- Ayçiçeği ekiminde kullanılan sıra arası ve sıra üzeri mesafe,
- Makinanın çalışma koşulları,
- Traktör ortalama güç değerleri,
- Standartlar,
- Literatürler
- Ekonomi.

3.2.2. Prototip makina imalat parametrelerinin belirlenmesi

Tasarımı bitmiş olan bir makinanın imalatı sırasında herhangi bir aksaklık ve karmaşıklıkla karşı karşıya kalınmaması için detaylı bir imalat planı ve zincirinin oluşturulması gerekmektedir. Bunlar;

- Parça listesi ve numaralandırılması,
- Detaylı ve toplam malzeme listesinin oluşturulması,
- Tezgaah planlaması ve iş akış zincirinin oluşturulmasıdır.

Parça listesi ve numaralandırılması;

Çok parçalı bir makine üretimi sırasında anlam karmaşıklığının giderilmesi, imal adedinin belirlenmesi ve montaj sırasının belirlenmesi için makineyi oluşturan parçalara birer kod numarası, parça ismi ve imal edilecek veya hazır olarak alınacak parçaların makinada kullanım sayılarını belirten bir parça listesi oluşturulmuştur (Ek-B1.).

Detaylı ve toplam malzeme listesinin oluşturulması;

Kod numarası, parça ismi ve kullanım adedi belirlenmiş olan parçaların imalatta fireli ve firesiz ölçülerinin oluşturularak parçaların detaylı boyut listesi çıkarılarak her

parçanın imalatında kullanılacak malzemeler belirtilmiş ve birim adet makine imalatı için gerekli toplam malzeme listesi oluşturulmuştur (Ek-B2., Ek-B3.).

Tezgah planlaması ve iş akış zincirinin oluşturulması;

Prototip makinayı oluşturan parçaların imalatında kullanılacak tezgahların planlaması yapılarak her bir parçanın imalatında kullanılacak tezgah listesi çıkarılmış (Ek-B4.) ve prototip makinanın imalatında kullanılan iş akış şeması oluşturulmuştur (Şekil 3.9.).

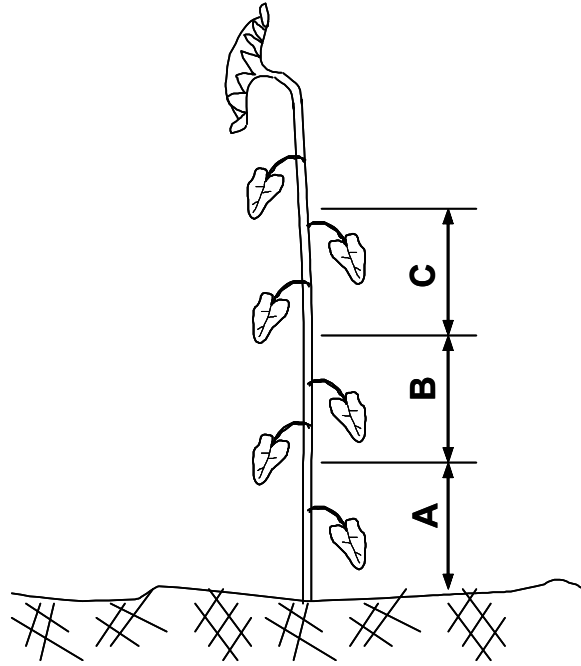
İş akış şemasının oluşturulmasında Kobu (1996)' da tarif ettiği gibi prosese göre yerleştirme kullanılmıştır.

Kobu (1996) malzeme, parça ve yarı mamullerin izledikleri yolun tipini ayrıntılara inmeden genel olarak sınıflandırmanın mümkün olduğunu belirtmiş ve farklı akış tiplerini tarif etmiştir. Genel iş akış konusunda bir karar verildikten sonra makinaların ve iş istasyonlarının konumlarının saptanmasına geçilir ve bunun için belirli formüller veya yöntemlerin olmadığını ve her problemin kendi özelliklerine göre çoğunluğu mantığa dayanan prensipler yardımıyla en uygun yerleştirme düzeni bulunmaya çalışılması gerektiği belirtilmiştir.

3.2.3. Laboratuvar denemeleri

3.2.3.1. Sapın fiziko-mekanik özelliklerinin saptanması

Deneme arazisinden farklı nem içeriklerinde ve farklı çaplarda toplanmış olan ayçiçeği sapları Şekil 3.10.'de görüldüğü gibi bölümlere ayrılmış ve prototip makinanın kesme düzeneği benzeştirilerek sapların bölgesel olarak mekanik özellikleri olan kesilme kuvveti, kesilme gerilmesi, kesilme enerjisi, özgül kesilme enerjisi saptanmıştır.



Şekil 3.10. Ayçiçeği Gövdesinin Ölçüm Yapılan Bölümleri

Kesilme Gerilmesi;

Her bir kesilme bölgesinin 3 ayrı noktasında kesme işlemi uygulanmıştır. Kesme işlemi sırasında yük hücresi aracılığıyla elde edilen kuvvetler indikatörden bilgisayara

saniyede 50 veri olacak şekilde kayıt edilmiştir. Kayıt edilen kuvvet değerlerinin içerisinde tespit edilen maksimum kesme kuvvetinin sapın kesit alanına oranlanarak kesme gerilmesi hesaplanmıştır (Mohsenin 1970; Çakır 1995).

$$\tau = \frac{F}{A} * 10^{-3} \dots\dots\dots(3.1.)$$

Burada;

- τ : Kesilme gerilmesi (MPa),
- F : Max. kesme kuvveti (kN),
- A : Materyalin kesilme noktasındaki kesit alanı (m²).

Toplam kesilme enerjisi;

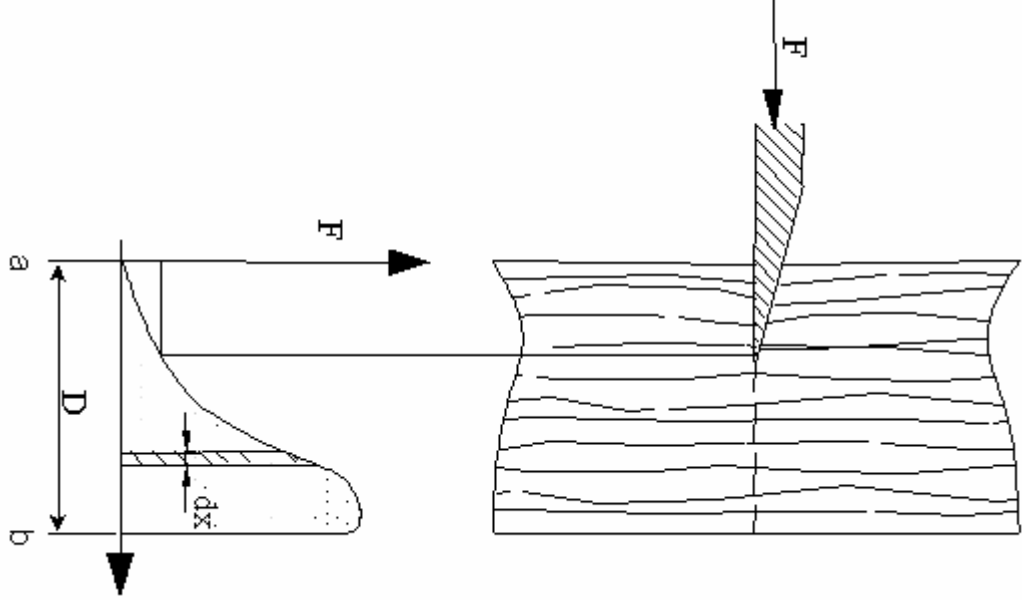
Kesme testi sırasında kayıt edilen kuvvetlere ve bıçağın aldığı yola bağlı olarak sapın toplam kesilme kuvveti aşağıdaki eşitlikten yararlanarak hesaplanmıştır (Burden and Faires 1989; Çakır 1995).

$$E = \int_a^b F(x)dx \dots\dots\dots(3.2.)$$

Burada;

- E :Toplam kesilme enerjisi (J),
- F : Kesme kuvveti (N),
- dx :.Bıçağın anlık yer değiştirmesi (m),
- a : Kesme kuvvetinin sıfır olduğu ve bıçağın harekete başladığı nokta (m),
- b : Bıçağın ulaştığı ve kesme işleminin bittiği son nokta (m).

Bıçağın ilk harekete başladığı nokta (a) sıfır ve bıçağın ulaştığı son nokta ise (b) sap çapına eşit olur (Şekil 3.11.).



Şekil 3.11. Kesme Deneyinde Bıçağın Hareketi ve Kuvvet Diyagramı

Özgül kesilme enerjisi;

Hesaplanan toplam kesilme enerjisinden yararlanarak özgül kesilme enerjisi aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır (Çakır 1995, Beyhan ve Tekgüler 2000).

$$E_0 = \frac{E}{A} \dots\dots\dots(3.3.)$$

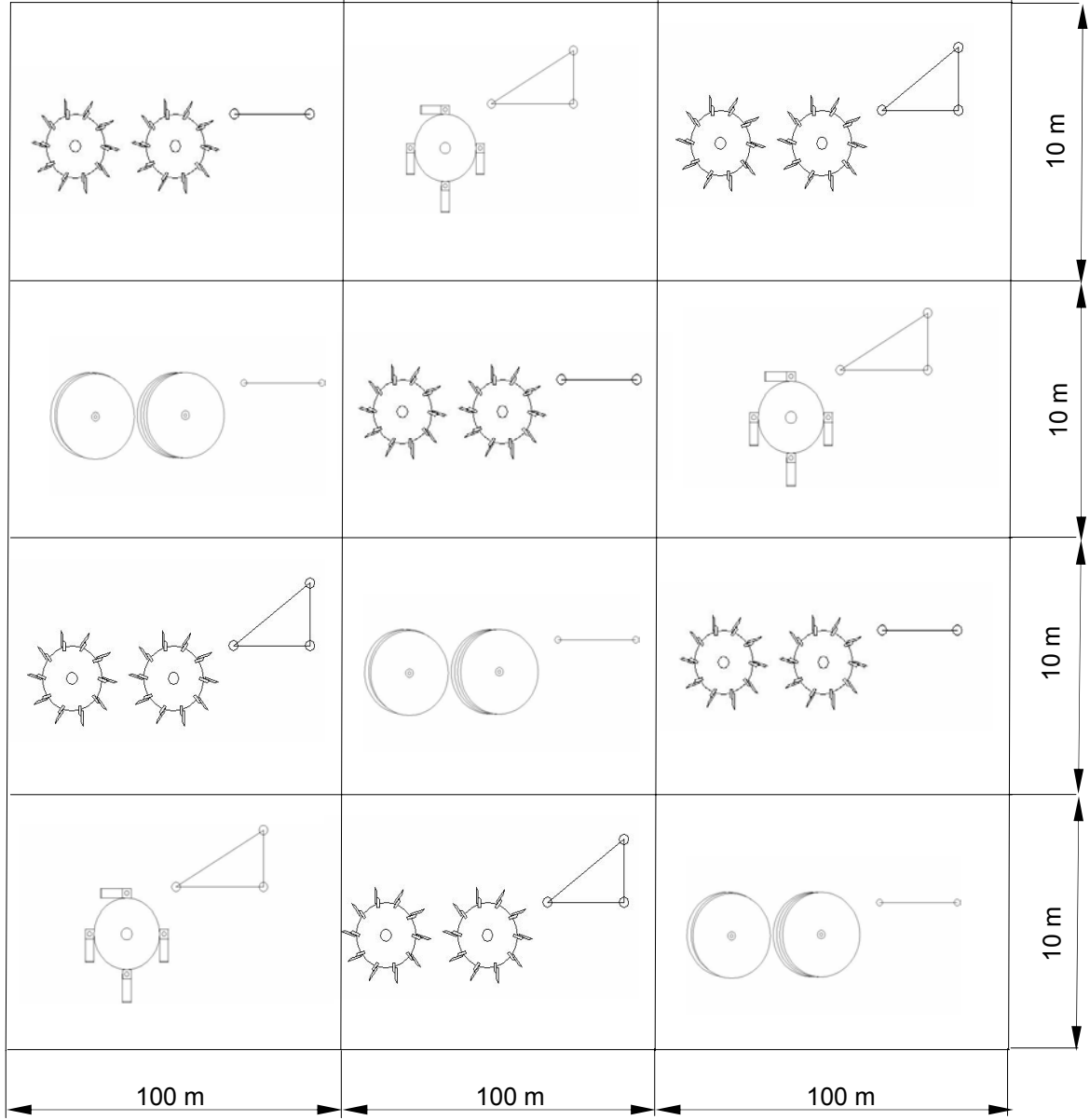
Burada;



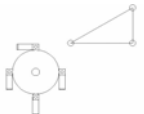

- E_0 : Özgül kesilme enerjisi (J / cm²),
- E : Toplam kesilme enerjisi (J),
- A : Materyalin kesilme noktasındaki kesit alanı (cm²).

3.2.4. Tarla denemeleri

3.2.4.1. Deneme deseninin oluşturulması

Araştırmada materyal bölümünde de belirtildiği gibi asılır bağlantı yapılan freze tipi sap parçalama makinası, çekilir tip diskli tırmık ve prototip sap parçalama makinası (çekilir ve asılır olmak üzere iki farklı çalışma şekli) kullanılmıştır. Ayçiçeği sapının fiziki özellikleri ile arazinin yapısal özelliklerinden kaynaklanacak farklılıkları ortadan kaldırmak amacıyla Bölünmüş Parseller Deneme Deseni oluşturulmuş (Düzgüneş vd. 1983, Shelton vd. 1994) ve 10x100 m' lik parseller üzerinde denemeler yürütülmüştür (Şekil 3.12.). Farklı parsel uygulamalarında makinalar dışında başka bir faktör kullanılmamış parseller sadece ölçüm sayısını artırmak ve bazı ölçümlerde de tekerrür olması amacı güdülmüştür. Ayrıca makinaların parçalama yeteneklerinin ve performans değerlerinin standart olması için denemeler makinaların tek geçişleri dikkate alınarak yapılmıştır.



	Prototip (Asılır)		Prototip (Çekilir)
	Freze Tipi (Asılır)		Diskli tırmık (Çekilir)

Şekil. 3.12. Tarla Deneme Deseni

3.2.4.2. Ayçiçeği sapının fiziksel özelliklerinin saptanması

Anız parçalamada kullanılacak olan makinaların iş başarılarının belirlenmesi, mühendislik hesaplamalarının yapılabilmesi için temel veri kaynağı olan bitkinin ve gövdesinin fiziksel özellikleri ve tarladaki oluşturmuş olduğu desenlerinin belirlenmesi gereklidir.

3.2.4.2.1. Hasat öncesi fiziksel özelliklerinin saptanması

Denemede kullanılacak olan arazideki bitki ve artık profilinin belirlenmesi için arazideki ayçiçeğinin hasattan önceki boyut özellikleri şu şekilde belirlenmiştir.

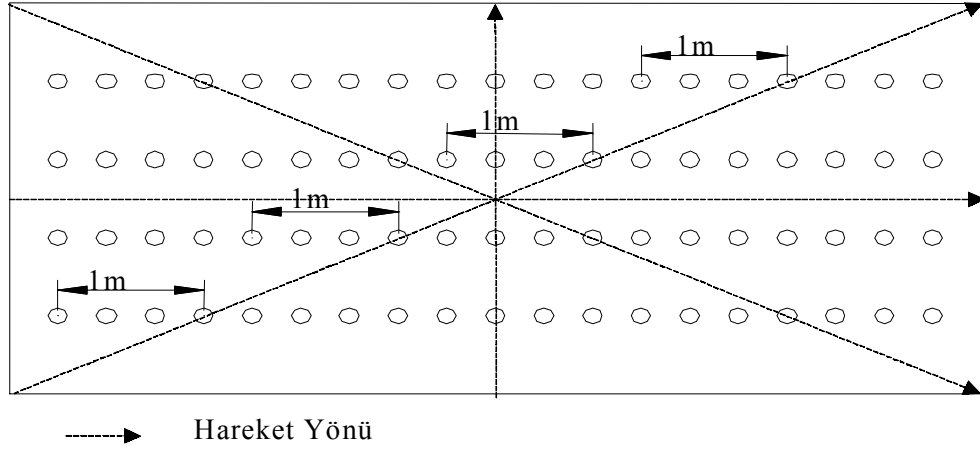
Hasattan önce denemenin yapılacağı alandaki ayçiçeği bitkisinin yüksekliğinin ve saplarının çaplarının belirlenmesi için sınırları belirlenmiş olan ve parsellere bölünmemiş deneme arazisinde tesadüfi seçilen bitkilerin toprakla temas eden noktasından kafaya kadar olan yükseklikleri ölçülmüştür (Kayaşoğlu 1990, Yılmaz 1989). Hasattan önce tarladaki ürünün ortalama sap yüksekliği hesaplanmıştır.

Deneme arazisinin sap / tane oranını belirlemek için deneme arazisinde tesadüfi olarak seçilen 20 adet bitkinin tane ve sap ağırlıkları tartılarak oranlanmıştır.

3.2.4.2.2.Parçalama öncesi fiziksel özelliklerinin saptanması

Sap uzunluklarının saptanması;

Hasat işlemi gerçekleştikten sonra tarlada kalan sapların uzunluklarını belirlemek için deneme desenindeki tüm parselleri kapsayacak şekilde belirlenmiş olan alanın köşelerinden karşılıklı ve kenar orta noktaları arasında hareket edilmiş (Özcan 1986) (Şekil 3.13.), her bir sıra üzerinde 1 m uzunluğa rastlayan sapların boyları ölçülmüş ve bunların ortalama uzunlukları alınmıştır.



Şekil 3.13. Deneme Arazisi Hareket Planı

Sap çaplarının belirlenmesi;

Hasat işlemi gerçekleştirildikten sonra deneme arazisi üzerinde sap uzunluklarının tespitinin yapılması için kullanılan hareket yönünde ilerlenerek sıra üzerinde her bir metre mesafedeki sapların Şekil 3.10'da belirtilen bölümlerinde (A,B,C) çok sayıda çap ölçümleri yapılmıştır. Sap bölümlerindeki ve genel ortalama sap çapı değerleri saptanmıştır.

Sap yoğunluğunun saptanması;

Ayçiçeği ekimi sırasında çeşitli aksaklıklardan dolayı sıra üzeri mesafedeki düzensizlikler, ekim sonrası yapılan gübreleme, bakım ve koruma ekipmanlarıyla çalışırken oluşan bitki kayıpları ve gerekse hasat işlemi gerçekleştirirken oluşan sapların yerinden sökülmesi gibi nedenler arazideki bitki popülasyonunu değiştirmektedir. Hasat işlemi sonrası deneme arazisi üzerinde sap uzunluklarının tespitinin yapılması için kullanılan Şekil 3.13.'deki hareket yönünde ilerlenerek rastgele seçilen 20 adet sıranın 1 metre mesafedeki sapların adedi sayılmış, bu saplar yerinden sökülmüş ve köklü ve köksüz olarak ağırlıkları ölçülmüştür. Yapılan ölçümlerden yararlanarak birim alandaki sap adedi ve birim alandaki köklü ve köksüz olmak üzere sap miktarı saptanmıştır (Hickman and Schoenberger 1989, Lyon 1998, Nielsen ve Aiken 1998).

$$Q_n = \frac{1000 * n}{b} \dots\dots\dots(3.4.)$$

Burada;

- Q_n : Sap yoğunluğu (Adet/da),
- n : 1 metre sıra uzunluğundaki sap sayısı (Adet),
- b . Sıra arası mesafe (m).

$$Q_g = \frac{1000 * G}{b} \dots\dots\dots(3.5.)$$

Burada;

- Q_g : Sap yoğunluğu (kg/da),
- G : 1 metre sıra uzunluğundaki bitki ağırlığı (kg),
- b . Sıra arası mesafe (m).

3.2.4.2.3. Parçalama sonrası ölçülen parametreler

Parça boyutları ve yoğunluklarının saptanması;

Sap parçalama makinalarının etkinliğinin en önemli göstergesi hasat sonrası tarlada kalan bitki artıklarının arzu edilen parça büyüklüğünde parçalamasıdır. Bu amaçla her bir parselde önceden belirlenen (Şekil 3.13.) hareket yönünde ilerleyerek 50 x 50 cm ebadında çember atılmış, toprak yüzeyinde kalan ve toprağa karışmış olan sap parçaları ayrı ayrı toplanmış, ağırlıkları ve uzunlukları ölçülmüştür. Ölçülen bu değerlerle ortalama sap uzunlukları ve makinanın sap parçalama derecesi aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır (Düzgüneş vd. 1983).

$$X_{\text{ort}} = \frac{\sum f_i * X_i}{\sum f} \dots\dots\dots(3.6.)$$

Burada;

- X_{ort} : Ortalama parçalanmış sap uzunluğu (mm),
- X_i : Gruba ait ort. Sap uzunluğu (mm),
- f_i : Her bir gruba ait ölçüm yapılan parça sayısı (frekans) (adet),
- f : Toplam parça sayısı (toplam frekans) (adet).

Sapların parçalama öncesi ve parçalama sonrası boyutlarından yararlanarak sap parçalama makinalarının birim uzunluktaki sapı parçalama yeteneğinin göstergesi gibi kullanılabilir parçalama derecesi hesaplanmıştır.

Yüzeyde Kalan Sap Miktarının ve Gömülme Oranının Saptanması

Parçalama sonrası çember atılarak toplanan yüzeydeki artık miktarı tartılarak birim alanda yüzeyde kalan artık miktarı hesaplanmıştır. Parçalama öncesi artık miktarı, toprak yüzeyinde kalan ve toprağa gömülen parça miktarlarından yararlanarak artıkların toprağa gömülme oranları aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır (Çarman ve Konak 1996, Gökür ve Özarıslan 1995).

$$G = \frac{A - B}{A} * 100 \dots\dots\dots(3.7.)$$

Burada;

- G : Artıkların gömülme oranı (%),
- A : Parçalama işleminden önce yüzeyde kalan sap miktarı (g),
- B : Parçalama işleminden sonra yüzeyde kalan sap miktarı (g).

Ayrıca parçalama işleminden sonra sapların toprak altı kısımlarının parçalanıp parçalanmadığının kontrolünü yapmak amacıyla her bir metre sıra üzeri mesafedeki kök adedi sayılarak makinanın kökleri parçalama yüzdesi hesaplanmıştır.

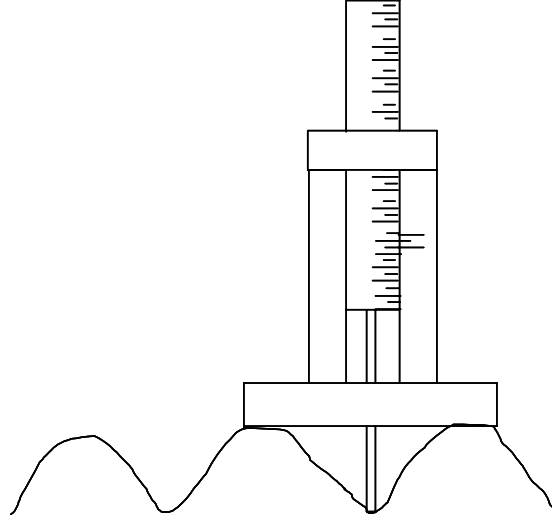
Yüzey kaplama oranının saptanması;

Hasat sonrasında yüzeyde kalan bitki artıklarının dağılımı özellikle ekim işleminde makinanın performansını önemli şekilde etkilemektedir. Bu artıkların ister parçalanarak isterse parçalanmadan toprağa karıştırılması sonucu, topraktaki dağılımları tekdüze olmadığı zaman tohumla toprağın teması olumsuz yönde etkilenmekte dolayısıyla çimlenme yüzdesi düşmektedir. Bu nedenle parçalama ve karıştırma işlemi sonucunda parçacıkların topraktaki dağılımlarının tekdüze olması önem kazanmaktadır. Bu özellik sap parçalama makinasının önemli bir performans parametresidir. Bu amaçla her bir makinanın parçalanmış sap artıklarını tarla yüzeyine yayma oranları çapraz hat yöntemi kullanarak belirlenmiştir (Hickman and Schoenberger 1989, Kayışoğlu 1990, Shelton vd. 1994).

Çapraz hat yönteminde 20 m uzunluğundaki ip üzerinde 20 cm aralıklarla işaretlemeler yapılmış ve parçalanmış olan sıralarla 45°'lik açı yapacak şekilde yerleştirilmiştir. İp üzerinde işaretleme yapılmış olan noktalara temas eden parçalar sayılmış ve parçalara temas eden noktaların ip üzerindeki toplam nokta sayısına oranlanmasıyla yüzey kaplama oranı hesaplanmıştır.

Makinaların Toprağa Dalma Derinlikleri

Makinaların parçalama işlemi sırasında toprağa yaptıkları mekanik müdahalelerin belirlenmesi amacıyla tarla yüzeyinde bıraktıkları izlerin derinlikleri yani toprağa dalma derinlikleri ölçülmüştür. Diskli tırmık ve prototip sap parçalama makinasının iz derinliğinin ölçülmesi Şekil 3.14.'de görülen düzenekle yapılmış, freze tip sap parçalama makinasının iz derinliği ise işleyici organın toprağa dalma derinliği ölçülerek yapılmıştır (Kayışoğlu 1990).

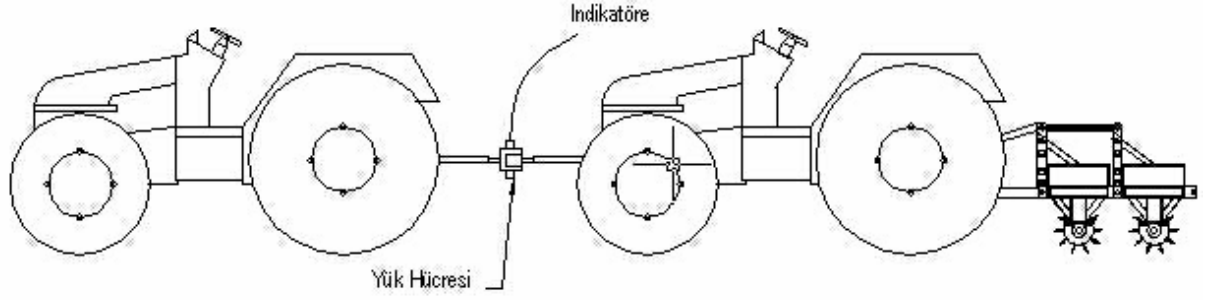


Şekil 3.14. İz Derinliği Ölçüm Düzeneği

3.2.5. Makinaların temel performans değerlerinin saptanması

Çeki kuvvetinin ve gücünün saptanması;

Araştırmada makinaların çeki kuvvetinin bulunması için iki traktör kullanılmıştır. Öndeki traktör çalışma koşuluna uygun ilerleme hızında yürürken, arkadaki traktör boşa, çalışır durumda çekilmektedir. İki traktörün arasına çeki kuvveti ölçüm düzeneği bağlanmıştır (Şekil 3.15.) (Göktürk 1999).



Şekil 3.15.. Çeki Kuvveti Ölçüm Yöntemi

Ölçümler esnasında çeki dinamometresi iki traktör arasına konulmuş, arkadaki traktör ilk önce makinayı çalıştırırken daha sonra boşta çekilerek ölçüm yapılmıştır. Bu iki ölçüm arasındaki fark ise parçalama makinalarının net çeki kuvveti olarak kaydedilmiştir (Göktürk 1999).

Daha sonra belirli ölçme aralıklarında kaydedilen değerlerin aritmetik ortalaması alınarak, aşağıdaki eşitlik yardımıyla çeki kuvveti bulunmuştur (Göktürk 1999).

$$P = P_m - P_b \quad \dots\dots\dots(3.8.)$$

Burada;

- P : Makine çeki kuvveti (kN),
- P_m : Traktörün makine ile birlikte çekilmesi sırasındaki çeki kuvveti (kN),
- P_b : Traktörün boşta çekilmesi sırasındaki çeki kuvveti (kN).

Makinanın çekilmesi için gerekli toplam çeki kuvveti ve ortalama tarla ilerleme hızı değerleri aşağıdaki eşitlik kullanılarak çeki gücü bulunmuştur (Ülger vd. 2002).

$$N_c = \frac{P * V}{3,6} \quad \dots\dots\dots(3.9.)$$

Burada;

- N_ç : Çeki gücü (kW),
- P : Çeki kuvveti (kN),
- V : Tarla çalışma hızı (km/h).

Yakıt tüketiminin belirlenmesi;

Makine ile çalışmada makinanın performansının ve yapılan işin ekonomikliğinin değerlendirilmesinde kullanılan önemli bir kriter de makine ile yapılan çalışmada tüketilen yakıt miktarıdır. Denemede kullanılan makinaların yakıt tüketimlerinin belirlenmesi için her bir makinaya ait deneme parselinde, makine çalışmaya başlamadan önce traktöre takılı bulunan yakıt ölçerin sayısal değeri okunmuştur. Makinanın parseldeki çalışma periyodu bittikten sonra tekrar yakıt ölçerin sayısal değeri ölçülmüştür (Çarman vd. 1995).

Yakıt ölçerden elde edilen ilk okuma ve son okuma değerleri arasındaki fark aracılığıyla makinayla çalışmada birim alandaki yakıt tüketimi hesaplanmıştır.

$$Y_T = \frac{Y_{Gs} - Y_{Gi}}{A} \dots\dots\dots(3.10.)$$

Burada;

- Y_T : Yakıt tüketimi (l/da),
- Y_{G_s} : Yakıt ölçerde son okuma değeri (l),
- Y_{G_i} : Yakıt ölçerde ilk okuma değeri (l),
- A : Parsel büyüklüğü (da).

İş kapasitesinin saptanması;

Bu amaçla araştırmanın yapıldığı tarlada belirlenmiş olan parsellerde traktörün aktif çalışma süresinde parsel boyunu ne kadar zamanda aldığı kronometreyle belirlenmiştir. Ayrıca makinaların toplam parsel alanındaki aktif çalışma süresi ölçülmüştür. Zaman ölçümleri sonucunda aşağıdaki eşitlikle ilerleme hızları tespit edilmiştir (Ülger vd. 2002).

Çalışma hızı;

$$V = \frac{L}{t} \dots\dots\dots(3.11.)$$

Burada;

- V : İlerleme hızı (m/s),
L : Alınan yol (m),
t : Zaman (s).

İlerleme hızı hesaplandıktan sonra aşağıdaki bağıntılar yardımıyla makinaların efektif, teorik alan iş başarıları ve tarla etkinliği hesaplanmıştır (Kayısoğlu 1993);

$$E.İ.B = \frac{A}{T} \dots\dots\dots(3.12.)$$

Burada;

- E.İ.B : Efektif alan iş başarıları (da/h),
A : Parsel büyüklüğü (da),
T : Toplam işleme süresi (h).

$$T.İ.B = 3,6 * B * V \dots\dots\dots(3.13.)$$

Burada;

- T.İ.B : Makinanın teorik alan iş başarıları (da/h),
B : Makinanın iş genişliği (m),
V : Makinanın ortalama ilerleme hızı (m/s).

$$T.E = \left(\frac{E.İ.B}{T.İ.B} \right) * 100 \dots\dots\dots(3.14.)$$

Burada;

- T.E : Tarla etkinliği (%),
E.İ.B : Efektif alan iş başarıları (da/h),
T.İ.B : Teorik alan iş başarıları (da/h)

3.2.6 Sap parçalama makinalarının enerji girdilerinin saptanması

Sap parçalama makinalarının toplam enerji girdileri aşağıda belirtilen üç ayrı enerji girdisi hesaplanarak kullanılmıştır (Özcan 1986, Kayışoğlu 1990).

- İnsan enerjisi girdisi,
- Yakıt ve Yağ enerji girdisi ve
- Makine yapım enerji girdisi'dir.

İnsan Enerjisi Girdisinin Hesaplanması;

Yetişkin bir insanın günlük 3500 kcal enerjiye gereksinim duymasından hareket edilerek hesaplanmıştır. Tarım işinin ağır bir iş olduğu ve çalışan insanın 20....39 yaş arasında ve 65 kg ağırlığında ve günde 8 saat ayrıca yıllık 2000 saat çalıştığı varsayılmıştır. Bunlara bağlı olarak birim insan çalışma saati (İÇh) karşılığı olarak 2,67 MJ/h eşdeğer enerji girdisi alınmıştır (Özcan 1986). Bu varsayımlardan yararlanarak İnsan enerji girdisi aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır (Kayışoğlu 1990).

$$\text{İn.En.} = 2,67 * \text{İÇh} * n$$

.....(3.15.)

Burada;

- İn.En. : İnsan enerjisi girdisi (MJ/da),
- İÇh : İnsanın çalışma süresi (h/da),
- n : Makinayla birlikte çalışan insan sayısı.

Sap parçalama makinaları ile sadece traktörü kullanan kişinin çalışması sebebiyle n değeri 1 alınmıştır.

Yakıt Enerjisi Girdisinin Hesaplanması;

Yakıt enerjisinin hesaplanmasında tüketilen yakıt miktarı ve yakıtın enerji eşdeğerinden yararlanılmıştır.

1 litre diesel yakıtının enerji eşdeğeri 38,6 MJ/l 'dir. Bu yakıtın üretimi için 9,1 MJ/l enerji harcanmaktadır. Dolayısıyla 1 litre yakıtın enerji eşdeğeri bu ikisinin toplamı olan 47,7 MJ/l olarak alınmıştır. Yağ enerjisi ise yakıt enerjisinin % 4,5'i olarak alınmıştır (Özcan 1986; Kayışoğlu 1990).

$$\text{Yakıt Enerjisi} = Y_T * E_y \quad \dots\dots(3.16.)$$

$$\text{Yağ Enerjisi} = 0,045 * \text{Yakıt Enerjisi} \quad \dots\dots(3.17.)$$

$$\text{Toplam Yakıt Enerjisi} = \text{Yakıt Enerjisi} + \text{Yağ Enerjisi} \quad \dots\dots(3.18.)$$

Burada;

Y_T = Yakıt tüketimi (l/da),

E_y = Yakıtın enerji eşdeğeri (MJ/l).

Makine yapım enerjisi girdisi;

Denemede kullanılan sap parçalama makinalarının yapım enerjilerinin hesaplanmasında üç ayrı enerji girdisi ele alınmaktadır (Doering 1980, Özcan 1986, Akdemir 1990). Bunlar;

- Makine yapımında kullanılan malzemenin üretimi için tüketilen enerji; Malzeme Üretim Enerjisi ($Mü$),

- Makinanın yapımında, malzemenin fabrikada biçimlendirilişi sırasında tüketilen enerji; Fabrika Enerjisi (F),

- Makinaların aşınma ve bozulan parçalarının yenilenmesi için takılan yedek parçanın yapımı için harcanan enerji; Yedek Parça Enerjisi (Yd).

Malzeme üretim enerjisi;

$$Mü = G_1 * a + G_2 * b \quad \dots\dots\dots(3.19.)$$

Burada;

- M_ü : Malzeme üretim enerjisi (MJ),
G₁ : Makine toplam metal ağırlığı (kg),
G₂ : Makine lastik ağırlığı (kg),
a, b : Malzeme üretim katsayısı (MJ/kg), (Ek-C1).

Fabrika enerjisi;

$$F = G * c \quad \dots\dots\dots(3.20.)$$

Burada;

- F : Fabrika yapım enerjisi (MJ),
G : Makine toplam ağırlığı (kg),
c : Fabrika yapım katsayısı (MJ/kg), (Ek-C2).

Yedek parça enerjisi;

$$Y_d = 0,33 * d * (M_{\dot{u}} + F) \quad \dots\dots\dots(3.21.)$$

Burada;

- Y_d : Yedek parça enerjisi (MJ),
d : Toplam takılmış parça oranı, (Ek-C3).

Hesaplanarak elde edilen bu enerji değerlerinden yararlanarak toplam makine yapım enerjisi aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

$$M_y = (M_{\dot{u}} + F) * 0,82 + Y_d \quad \dots\dots\dots(3.22.)$$

Burada;

- M_y : Toplam makine yapım enerjisi (MJ).

Birim alana düşen makine yapım enerjisi aşağıdaki eşitlikten yararlanarak hesaplanmıştır.

$$E = \frac{My}{T * A} \dots\dots\dots(3.23.)$$

Burada;

- E : Dekar başına makine yapım enerji girdisi (MJ/da),
- T : Makinanın ekonomik ömrü (Yıl), (Ek-C4),
- A : Yılda işlenen alan (da/yıl), (Ek-C5).

Yılda işlenen alan değeri "A" için denemelerin yapıldığı işletmenin verilerinden yararlanılmıştır.

Birim alana indirgenerek hesaplanan bu üç enerji girdisinin toplamı makine için toplam makine enerji girdisini oluşturmaktadır.

$$\text{Toplam Makine Enerji Girdisi} = \text{İnsan enerjisi} + \text{Toplam yakıt enerjisi} + E$$

3.2.7 Toprak ve sap nem içeriklerinin saptanması

Üzerinde araştırmanın yapıldığı arazinin sap parçalama makinalarının çalışma derinlikleri dikkate alınarak toprak nem içerikleri saptanmıştır. Denemede kullanılan makinalar parçalama işlemi sırasında toprağa dalma etkisi yaparak tarla yüzeyinde 0–10 cm arasında izler bıraktığı gözlenmiştir. Bu derinlikteki tabakadan toprak örnekleri alınmış ve daha sonra bu örnekler laboratuarda 105 °C'lık sıcaklıkta fırında 24 saat süre ile kurutularak aşağıdaki bağıntıyla nem içerikleri bulunmuştur (Kayışoğlu1990; Bayhan 1996).

$$MC = \frac{Wy - Wk}{Wk} * 100 \dots\dots\dots(3.24.)$$

Burada;

- MC : Toprak nem içeriği (kuru esas) (%),
- Wy : Toprak örneğinin yaş ağırlığı (g),
- Wk : Toprak örneğinin kuru ağırlığı (g).

Ayrıca, makinalar parçalama işlemine başlamadan önce her parselden rastgele 20 adet ayçiçeği sapı seçilmiş ve her bir sapın nem içeriği ASAE 358.2 nolu standarda göre 103⁰C'lik fırın sıcaklığında 24 saat kurutularak bulunmuştur.