

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ  
ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
Εργαστήριο Δενδροκομίας

## Ενεργειακή ανάλυση

Γιώργος Δ. Νάνος

# Ενεργειακή ανάλυση

- Είναι όλη η ενέργεια, ανανεώσιμη και μη, που απαιτείται (ή καταναλώνεται) για να παραχθεί μια μονάδα προϊόντος ή το ισοζύγιο εισροών/εκροών ενέργειας
- Καταγράφουμε όλα τα στοιχεία μιας εκμετάλλευσης και όλες τις διαδικασίες ανά καλλιεργητική τεχνική με λεπτομέρεια στο έτος καλλιέργειας (και τις ανθρωποώρες).
- Χρησιμοποιούμε κατάλληλους συντελεστές μετατροπής όλων των υλικών και μέσων σε ενέργεια.
- Σκοπός: γνώση της αποτελεσματικότητας χρήσης της ενέργειας και ‘αποκάλυψη’ των εργασιών ή συντελεστών παραγωγής που θα μπορούσαν να βελτιωθούν.

**ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ  
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ**

<b>ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ</b>	<b>UNIT</b>	<b>(MJ/UNIT)</b>	<b>ΠΗΓΗ</b>
<b>Συμβατικά λιπάσματα</b>			
άζωτο	kg	74.2	Lockeretz (1980) and Tsatsarelis (1993)
φώσφορος	kg	13.7	Lockeretz (1980) and Tsatsarelis (1993)
κάλιο	kg	9.7	Lockeretz (1980) and Tsatsarelis (1993)
ασβέστης	kg	8.8	Pimentel 1980
χαλκός	kg	111.4	Pimentel 1980
θείο	kg	5.0	Wells 2001
<b>Συμβατική λίπανση</b>			
<b><u>ελιάς</u></b>			
Ασβεστούχος νιτρική			
αμμωνία	kg	20.0	
Θεική αμμωνία	kg	15.8	
<b>Συμβατική λίπανση</b>			
<b><u>μηλιάς</u></b>			
Διαφυλλικό	kg	14.8	
11-15-15	kg	11.6	
<b>Βιολογικά λιπάσματα</b>			
Patentkali	kg	6.0	Mudahar and Hignett(1987a,b)
Βόρακας	kg	6.0	Mudahar and Hignett(1987a,b)
Σβησμένος ασβέστης	kg	0.6	Wells, 2001- agricultural lime
Κοπριά	kg	3.5	Jarach, 1985

**Βιολογικά  
μυκητοκτόνα**

Βορδιγάλιος πολτός	kg	55.7
Θειασβέστιο	kg	1.3

**Βιολογικά  
εντομοκτόνα**

Θερινός πολτός(λάδι)	kg	29.0
Spinosad	kg	96.0
Σαπούνι	kg	43.2
Βάκιλος	kg	77.2
<b>Ζιζανιοκτόνα</b>	kg	238.0
Roundup	kg	238.0
<b>Εντομοκτόνα</b>	kg	363.0
<b>Μυκητοκτόνα</b>	kg	99.0

Πετρέλαιο	l	46.7
Βενζίνη	l	42.3
Νερό	m <sup>3</sup>	0.6
Ηλεκτρική ενέργεια	kWh	12.1
Ανθρώπινη εργασία	ημέρα	18.3

Καρποί (ελιά)	kg	7.1
Καρποί (μήλα)	kg	2.18

A. Barber, 27 July, 2007

Barber, 2004;

Green (1987) and Pimentel (1992)

Green (1987) and Pimentel (1992)

Helsel ZR,1992 in Fluck RC

Helsel ZR,1992 in Fluck RC

Fluck (1992)

Fluck and Baird (1992)

Wells,2001

Wells,2001

Bascetincelik et al., 1993

Jarach (1985)

Pimentel et al., 1973

Ugliati et al.,1994

USDA,2007

ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ/ΕΡΓΑΛΕΙΑ	UNIT	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ (MJ/UNIT)	ΠΗΓΗ
Τρακτέρ (41 kW)	kg	82.2	Ewen Coxworth,1998
Αγροτικό	h	97.8	Tsatsarelis, C.A.,1992
Ψεκαστική μηχανή (3,7 kW)	h	69.6	Fluck and Baird (1982, adapted)
Χορτοκοπτικά	h	69.6	Fluck and Baird (1982, adapted)
Δονητικά/τινακτικά	kg	85.5	Alonso A.M. et al.,2008
Πριόνια χειρός	h	0.05	Genitsariotis et al (1996, adapted)
Κονταροπρίονο	h	0.05	Genitsariotis et al (1996, adapted) Tsatsarelis ,1993; Genitsariotis et al .,1996, adapted
Αλυσοπρίονο	h	0.6	
Ψαλίδι	h	0.05	Genitsariotis et al (1996, adapted)
Αεροψάλιδο	h	69.6	Fluck and Baird (1982, adapted)
Κομπρεσέρ	h	4.8	Genitsariotis et al (1996, adapted)
Τσεκούρι	h	0.05	Genitsariotis et al (1996, adapted)
Τσάπα	h	0.05	Genitsariotis et al (1996, adapted)
Σκάλες	h	0.17	Fluck and Baird (1982, adapted)
Κουβάδες	h	0.085	Jarach (1985, adapted)
Τελάρα	h	0.085	Jarach (1985, adapted)
Σύστημα άρδευσης	hm*	0.092	Pimentel et al.,1973; Fluck, 1985

# Παναγιωτίδη κ.α., Ελιά + Μηλιά, βιολογική ή συμβατική

- Με λεπτομερή ερωτηματολόγια καταγράφηκαν όλες οι πρακτικές που εκτελούνται από τους παραγωγούς για παραγωγή ελαιοποιήσιμης ξηρικής ελιάς στην περιοχή Πτελεού Αλμυρού και για παραγωγή μήλων Starking Delicious από παραδοσιακούς μηλεώνες (αραιή φύτευση, μεγάλης ηλικίας και όγκου δέντρα) στην περιοχή Δράκειας Πηλίου.
- Οι καλλιεργητικές τεχνικές που εκτελούνται στην ξηρική ελιά είναι ατελείς και γίνονται χωρίς συγκεκριμένη επιστημονική καθοδήγηση. Ο βιολογικός ελαιώνας είχε 62,5% μικρότερες εισροές ενέργειας ( $12909 \text{ MJ ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ ) από το συμβατικό ελαιώνα ( $34424 \text{ MJ ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ ) και λόγω του τρόπου καλλιέργειας αλλά και λόγω του μεγάλου μεγέθους του. Όταν η ενεργειακή ανάλυση έγινε βάσει ορθών πρακτικών, και πάλι οι εισροές ενέργειας του βιολογικού ελαιώνα ήταν μικρότερες από το συμβατικό. Οι εκροές των ξηρικών ελαιώνων με τους καρπούς ήταν σημαντικά διαφορετικές και οφείλονται κύρια στην παρεννιαυτοφορία (πολύ υψηλή παραγωγή στο συμβατικό ελαιώνα,  $113600 \text{ MJ ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ , και μικρή παραγωγή στο βιολογικό ελαιώνα,  $31338 \text{ MJ ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ ).
- Οι εισροές ενέργειας στη μηλιά ήταν πιο υψηλές από την ελιά και οι εισροές ενέργειας σημαντικά υψηλότερες (κατά 20%) στη βιολογική μηλιά ( $55447 \text{ MJ ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ ) σε σχέση με τη συμβατική ( $46349 \text{ MJ ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ ) λόγω των πολλών καλλιεργητικών φροντίδων και εισροών που απαιτούνται

Σε MJ ha <sup>-1</sup> yr <sup>-1</sup>	Βιολογική Ελιά	Συμβατική Ελιά	Βιολογική Μηλιά	Συμβατική Μηλιά
Εντομοκτόνα	-	2178 (6,3%)	4789 (8,6%)	4083 (8,8%)
Μηχανήματα	1561 (12,1%)	8171 (23,7%)	11553 (20,8%)	6712 (14,5%)
Καύσιμα	1892 (14,7%)	6269 (18,2%)	13007 (23,5%)	4212 (9,1%)
Λιπάσματα	7490 (58,0)	11340 (32,9%)	17500 (31,6%)	9264 (20,0%)
Μυκητοκτόνα	1270 (9,8)	792 (2,3%)	2850 (5,1%)	1867 (4,0%)
Ζιζανιοκτόνα	-	3570 (10,4%)	-	2380 (5,1%)
Εργασία	696 (5,4%)	2104 (6,1%)	4163 (7,5%)	3797 (8,2%)
Νερό άρδευσης			1575 (2,8%)	1620 (3,5%)
Ηλεκτρισμός			-	12414 (26,8%)
Σύνολο εισροών:	12909	34424	55437	46349
Εκροές (kg ha <sup>-1</sup> )	4414	16000	25000	29250
Ενέργεια καρπών	31338	113600	54500	63765
Παραγωγικότητα (kg MJ <sup>-1</sup> )	0,34	0,46	0,45	0,63

Πίνακας 3. Εισροές ενέργειας ανά συντελεστή παραγωγής: παρουσιάζονται οι μέσοι όροι και τυπική απόκλιση από 3-6 μηλεώνες ανά περιοχή μελέτης του Πηλίου (MJ ha<sup>-1</sup>)

	Αγ.Γεώργιος	Ανήλιο- Μακρυράχη	Βυζίτσα	Δράκεια	Μηλιές	Νεοχώρι	Ζαγορά
<b>Εντομοκτόνα</b>	2950 ± 1670	1450 ± 750	1029 ± 846	807 ± 181	446 ± 312	1276 ± 1074	1824 ± 997
<b>Μυκητοκτόνα</b>	1707 ± 1123	2155 ± 1853	567 ± 352	369 ± 83	296 ± 408	894 ± 1167	2307 ± 2665
<b>Ζιζανιοκτόνα</b>	0 ± 0	357 ± 505	0 ± 0	111 ± 110	0 ± 0	179 ± 357	540 ± 854
<b>Μηχανήματα</b>	16915 ± 5260	14803 ± 1862	13722 ± 1563	11267 ± 263	10456 ± 3600	15058 ± 5791	11874 ± 5107
<b>Καύσιμα</b>	15756 ± 6014	10653 ± 1717	10744 ± 2129	8776 ± 1670	7592 ± 1844	10912 ± 2625	8769 ± 3452
<b>Λιπάσματα</b>	20192 ± 19731	8278 ± 11707	10079 ± 4566	36965 ± 24671	1424 ± 2164	11361 ± 10807	3122 ± 4335
<b>Ανθρώπινη εργασία</b>	3679 ± 1330	3548 ± 745	2735 ± 1332	2492 ± 525	2348 ± 291	3780 ± 2343	1954 ± 579
<b>Βοηθητικά μέσα</b>	18419 ± 18254	8890 ± 2406	19781 ± 19430	18993 ± 7364	14967 ± 6413	10547 ± 11982	908 ± 230
<b>Νερό άρδευσης</b>	1049 ± 755	2111 ± 2717	857 ± 1303	1484 ± 838	121 ± 73	580 ± 522	0 ± 0
<b>Κοπριά</b>	26040 ± 28855	7753 ± 10964	33746 ± 7949	5914 ± 11829	15613 ± 13814	3938 ± 5026	1564 ± 2829



Πίνακας 5. Μέσοι όροι και τυπική απόκλιση για: Εκροές σε kg και MJ ανά εκτάριο, συνολικές Εισροές ανά εκτάριο, Παραγωγικότητα, Ένταση, και Βαθμός Απόδοσης για κάθε περιοχή

	Αγ. Γε- ώργιος	Ανήλιο -Μακρ	Βυζί- τσα	Δρά- κεια	Μη- λιές	Νέο- χώρι	Ζαγο- ρά
Εκροές (kg ha <sup>-1</sup> )	16600 ± 10968	16894 ± 5035	13917 ± 4622	20197 ± 3543	8395 ± 2653	13692 ± 16239	15101 ± 3397
Εκροές (MJ ha <sup>-1</sup> )	36188 ± 23910	36829 ± 10977	30338 ± 10075	44029 ± 7723	18302 ± 5783	29848 ± 35400	32919 ± 7405
Εισροές (MJ ha <sup>-1</sup> )	106707	59998	93260	87178	53263	58525	33045
Παραγωγι κότητα (kg MJ <sup>-1</sup> )	0,16	0,28	0,15	0,23	0,16	0,23	0,46
Ένταση (MJ kg <sup>-1</sup> )	6,43	3,55	6,70	4,32	6,34	4,27	2,19
Β.Α. (εκροές/ει σροές)	0,34	0,61	0,33	0,51	0,34	0,51	1,00

# Παραγωγή βερίκοκων: βιολογική vs συμβατική

- Τουρκία, μικρές εκμεταλλεύσεις, βιολογικοί ή συμβατικοί οπωρώνες βερικοκιάς
- Η βιολογική καλλιέργεια 38% λιγότερη κατανάλωση ενέργειας από τη συμβατική
- Εκροές/εισροές: συμβατική 1,45 και βιολογική 2,22

Table 4

Energy consumption and energy input–output relationship on conventional apricot production

Input	Quantity per unit area (ha)	Energy equivalent (MJ/unit)	Total energy equivalent (MJ)	Percentage of total energy input (%)
<i>Human labor (h)</i>	594.6	1.96	1165.42	7.95
Cultural practices	279.1	1.96	547.04	2.33
Harvesting	315.5	1.96	618.38	5.62
<i>Machinery (h)</i>	16.3	62.70	1022.01	4.35
Soil cultivation	4.1	62.70	257.07	1.10
Cultural practices	10.7	62.70	670.89	2.85
Transportation	1.5	62.70	94.05	0.40
<i>Chemical fertilizers (kg)</i>	183.6		8903.61	37.86
Nitrogen	138.7	60.60	8405.22	35.74
Phosphorus	44.9	11.10	498.39	2.12
Potassium	–	6.70	–	–
Farm manure (kg)	741.9	0.30	222.57	0.95
<i>Pesticides</i>	34.4		3261.10	13.87
Insecticides	0.9	199.00	179.10	0.76
Fungicides	33.5	92.00	3082.00	13.11
Herbicides	–	238.00	–	–
Diesel–oil (l)	132.3	56.31	7449.81	31.68
Electricity (kW h)	49.4	11.93	589.34	2.50
Irrigation water (m <sup>3</sup> )	314.0	0.63	197.82	0.84
Total energy input (MJ)			22,811.68	100.00
<i>Total energy output (MJ)</i>			33,166.10	
Yield (apricot fruit)(kg)	13,592.0	1.90	25,824.80	
Yield (apricot pits)(kg)	815.7	9.00	7341.30	
Energy output/input ratio			1.45	

Table 3

Energy consumption and energy input–output relationship on organic apricot production

Input	Quantity per unit area (ha)	Energy equivalent (MJ/unit)	Total energy equivalent (MJ)	Percentage of total energy input (%)
<i>Human labor (h)</i>	645.9	1.96	1,265.96	9.19
Cultural practices	344.2	1.96	674.63	4.90
Harvesting	301.7	1.96	591.33	4.29
<i>Machinery (h)</i>	14.7	62.70	921.69	6.69
Soil cultivation	3.9	62.70	244.53	1.78
<i>Cultural practices</i>	9.7	62.70	608.19	4.41
Transportation	1.1	62.70	68.97	0.50
<i>Chemical fertilizers (kg)</i>	–	–	–	–
Nitrogen	–	60.60	–	–
Phosphorus	–	11.10	–	–
Potassium	–	6.70	–	–
Farm manure (kg)	2402.0	0.30	720.60	5.23
<i>Pesticides (kg)</i>	38.3 <sup>a</sup>	–	3523.60	25.57
Insecticides	–	199.00	–	–
Fungicides	38.3	92.00	3523.60	25.57
Herbicides	–	238.00	–	–
Diesel–oil (l)	110.1	56.31	6199.73	44.99
Electricity (kW h)	81.0	11.93	966.33	7.01
Irrigation water (m <sup>3</sup> )	288.0	0.63	181.44	1.32
Total energy input (MJ)			13,779.35	100.00
<i>Total energy output (MJ)</i>			30,555.20	
Yield (apricot fruit)(kg)	12,404.0	1.90	23,567.60	
Yield (apricot pits)(kg)	776.4	9.00	6987.60	
Energy output/input ratio			2.22	

<sup>a</sup> Fungicides that permitted on organic farming.

Table 5

Total energy input in the form of direct and indirect renewable and non-renewable on apricot production

Farming types	Total energy input (MJ/ha)	Energy forms (MJ/ha)			
		Direct energy <sup>a</sup>	Indirect energy <sup>b</sup>	Renewable energy <sup>c</sup>	Non-renewable energy <sup>d</sup>
Organic	13,779.35	8432.02 (61.19)	5165.89 (37.49)	1986.56 (14.42)	11,611.35 (84.27)
Conventional	22,811.68	9204.57 (40.35)	13,409.29 (58.78)	1387.99 (6.08)	21,225.87 (93.05)
Organic/con. × 100	62	92	39	143	55

Figures in parentheses indicate percentage of total energy input.

<sup>a</sup> Includes human, animal, diesel and electricity energy sources.

<sup>b</sup> Includes seeds, fertilizers, manure, chemicals and machinery energy sources.

<sup>c</sup> Includes human, animal, seeds and manure.

<sup>d</sup> Includes diesel, electricity, pesticides, fertilizers and machinery.

Table 6

Economic results of organic and conventional apricot production

Farming types	Cost of production (US \$ ha <sup>-1</sup> )	Gross product value (US \$ ha <sup>-1</sup> )	Net income (US \$ ha <sup>-1</sup> )	Benefit/cost ratio
Organic	2225.3	4742.1	2516.8	2.13
Conventional	2265.9	4843.0	2577.1	2.14
Organic/con. × 100	98	97	97	99

## Rajaeifar et al. 2014, Energy, olive oil production and distribution

**Energy and economic flows and greenhouse gas (GHG) emissions of olive oil production in Iran were investigated in four main phases: agricultural olive production, olive transportation, olive oil extraction and oil transportation to the customer centers. Data were collected from 150 olive growers in Guilan province of Iran.**

**The total energy consumption through the olive oil life cycle was 20344 MJ ha<sup>-1</sup>. The total energy output was estimated as 23568 MJ ha<sup>-1</sup>.**

**The total GHG emissions were estimated to 1333 kg ha<sup>-1</sup> (CO<sub>2</sub>eq). The agricultural production phase was the most important in GHG emissions among the four stages with 94% of total GHG emissions.**

**High impact of human labor, farmyard manure and electricity on olive oil yield and high impact of electricity and chemical fertilizers on GHG emissions.**

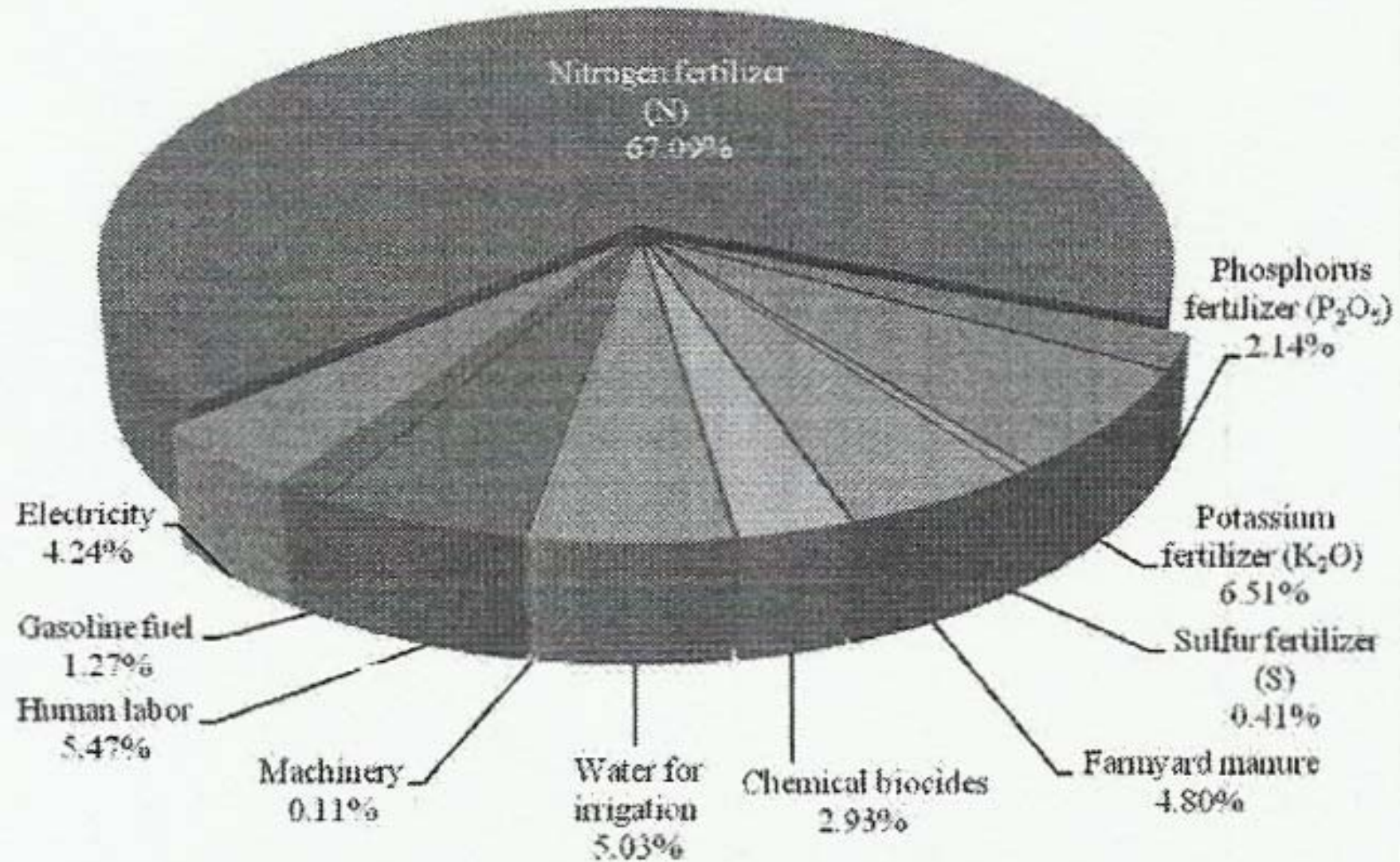


**Table 3**

Agricultural management practices for olive production.

Agricultural practices	Average frequency	Period (month)
Land spading	2	January–April
Pruning	1	December–January
Fertilization	2	January–April
Insect bait sprays	2.43	August–October
Irrigation	42.24	April–September
Harvesting	1	October–December





**Fig. 2.** The share of energy inputs in the agricultural olive production stage.