

高温环境对橄榄油产量及其品质的影响

乔拉·施洛伯格, 本杰明·凯雷姆, 佐哈尔比顿, 阿迪·尼西姆, 玛雅泽马赫, 耶尔阿维丹
隶属机构: 德国农业研究组织

摘要: 由于高温的破坏性影响, 预计全球变暖将对植物生长产生负面影响。为了解决高温环境对橄榄油产量和质量的影响, 我们将其对放置在以夏季高温著称的地区的五个橄榄品种的果实发育的影响与放置在该地区的相同品种的树木进行了比较相对温和的夏天。我们发现高温环境的影响与基因型有关, 一般而言, 果实发育过程中的高温影响三个重要性状: 果实重量、油浓度和油质。没有一个被测试的品种表现出完全的热应激耐受性。'Barnea' 品种收获时的最终干果重量不受高温环境的影响, 而 'Koroneiki'、'Coratina'、'Souri' 和 'Picholine' 品种在收获时表现出降低的干果重量, 以应对高温环境。温度。最终油浓度的模式也取决于品种 "Barnea"、"Coratina" 和 "Picholine" 不受高温环境的影响, 而 "Koroneiki" 和 "Souri" 品种在收获时表现出干果油浓度降低在相同的条件下。关于生产的油的质量, 'Souri' 品种证明比本研究中分析的任何其他品种更能耐受高温环境。这些结果表明, 不同的橄榄品种已经形成了多种应对高温的机制。阐明每种反应的机制可能会为开发广泛适应高温条件的各种橄榄开辟道路。

关键词: 橄榄油; 果重; 油浓度; 油质

The Impact of High Temperature Environment on Olive Oil Yield and Its Quality

Giora Shloberg, Benjamin Kerem, Zohar Biton, Adi Nissim, Maya Zemach, Yael Avidan
Affiliation: Agricultural Research Organisation, Germany

Abstract: Global warming is predicted to have a negative effect on plant growth due to the damaging effect of high temperatures. In order to address the effect of high temperature environments on olive oil yield and quality, we compared its effect on the fruit development of five olive cultivars placed in a region noted for its high summer temperatures, with trees of the same cultivars placed in a region of relatively mild summers. We found that the effects of a high temperature environment are genotype dependent and in general, high temperatures during fruit development affected three important traits: fruit weight, oil concentration and oil quality. None of the tested cultivars exhibited complete heat stress tolerance. Final dry fruit weight at harvest of the 'Barnea' cultivar was not affected by the high temperature environment, whereas the 'Koroneiki', 'Coratina', 'Souri' and 'Picholine' cultivars exhibited decreased dry fruit weight at harvest in response to higher temperatures. The pattern of final oil concentration was also cultivar dependent, 'Barnea', 'Coratina' and 'Picholine' not being affected by the high temperature environment, whereas the 'Koroneiki' and 'Souri' cultivars showed a decreased dry fruit oil concentration at harvest under the same conditions. Regarding the quality of oil produced, the 'Souri' cultivar proved more tolerant to a high temperature environment than any other of the cultivars analyzed in this study. These results suggest that different olive cultivars have developed a variety of mechanisms in dealing with high temperatures. Elucidation of the mechanism of each of these responses may open the way to development of a variety of olives broadly adapted to conditions of high temperatures.

Keywords: Olive oil, fruit weight, oil concentration, oil quality

引言:

植物生长和繁殖过程中会自然发生温度波动。然而, 极端炎热的夏季会破坏正常生长所需的分子间相互作用, 从而损害植物发育和坐果。气候变化日益严重的威胁已经对农业生产产生了重大影响。高温可能导致晒伤、叶片脱落和植物生长抑制等视觉症状。谷类作物生殖阶段的高温冲击会导致产量大幅下降。油料作物也受到热应激的负面影响, 热应激已被证明会降低淀粉、蛋白质和油含量。据报道, 花生和番茄因热应激而显著减产, 小麦、水稻和豆类因高温而显著减产。暴露于高于其最佳生长温度的温度下的植物表现出使植物能够存活的细胞和代谢反应。高温对作物造成的损害程度取决于暴露时的生长阶段和压力的严重程度。繁殖期对高温更敏感, 导致产量下降。与其他核果一样, 橄榄果实发育的特点是果实大小和重量的双 S 形生长曲线。Rallo 和 Rapoport 研究了“Manzanilla”橄榄果实中果皮的发育。他们发现, 与其他核果一样, 细胞分裂和扩张都有助于初始中果皮生长。从开花后六周开始, 中果皮生长完全由细胞扩增决定。因此, 品种之间果实大小的早期差异主要是细胞分裂速度的结果。后期果实生长是细胞大小增加的函数。众所周知, 橄榄果实中的油脂积累始于夏季的下半年。它在夏季和秋季持续约 8 周, 然后在果实成熟期间减慢。油的积累受品种类型和果实发育过程中普遍存在的气候条件的强烈影响。在成熟过程中, 橄榄果实会经历各种变化。核果的发育和成熟期在开花后 (WAF) 持续 18–20 周。在此期间, 核果经历了四个发育阶段。第一阶段在受精后不久开始, 持续 2 周, 其特征是卵巢通过细胞分裂生长。第二阶段持续长达 6 WAF, 其特点是核果通过细胞扩增生长。第三阶段扩展到 7–10 WAF。在这个阶段, 果实通过细胞扩张继续生长。脂质储存在中果皮细胞的油体中。第一个油体 (平均每个单元 2–4 个) 出现在大约 7 个 WAF 处。随着果实成熟, 油体数量增加并开始合并为每个细胞一个主要油滴, 占据细胞体积的 * 40%, 并合并为几个次要油体。通过在大约 10 WAF 完成点坑硬化, 油体已经融合成一个大油滴, 包含 * 60% 的细胞体积。在 10–20 WAF 的第四阶段以持续的油积累为特征, 在大约 16–17 WAF 时, 由于液泡中花青素的强烈沉积, 外果皮的颜色开始变为紫色。此时, 油滴约占细胞体积的 80%。初榨橄榄油的特点是其感官和营养特性, 与其他植物油不同。它的健康益处是由于其脂肪酸组成和微量化合物, 如多酚、生育酚、色素和维生素。橄榄油主要含有单不饱和脂肪。主要脂肪酸是油

酸 (C18: 1), 占总油量的 55% 至 83%。它还含有适量的亚油酸 (C18: 2; 3.5–21%) 和棕榈酸 (C16: 0; 7.5–20%) 以及少量的硬脂酸 (C18: 0) 和亚麻酸 (C18: 3)。

橄榄油的脂肪酸组成受多种农艺因素的强烈影响, 例如品种类型、果实成熟度、作物产量和生长介质。几项研究已经检查了长时间高温对橄榄果实重量、橄榄油积累和橄榄油脂脂肪酸组成的影响。加西亚-印扎等人。研究了石油聚集阶段温度对这些参数的影响, 使用具有个性化温度控制的透明塑料室来控制温度。一项实验进行了四个月, 四个处理不同的温度范围从 16.7 到 30.7℃。另一个实验进行了四个连续的一个月的治疗期, 其中两次治疗在不同的温度下进行。他们发现果实干重不受 16–25℃ 范围内平均温度的影响, 而是随着温度的进一步升高而降低。在所探索的平均季节性温度的整个范围 (16–32℃) 内, 油浓度以 1.1%℃⁻¹ 线性下降, 而油酸浓度在同一范围内下降 0.7%℃⁻¹。在为期一个月的实验中, 比对照高出 7℃ 对最终收获时的油浓度产生了永久性的负面影响, 尤其是在油积累开始时暴露于高温时。油酸浓度也受到高温处理的负面影响。然而, 油酸浓度在移除室后恢复, 除了与总油积累一样, 当在果实发育开始时进行热处理时油酸积累被延缓。总的来说, 他们得出的结论是, 油积累过程中的高温会对温暖地区的橄榄油产量和质量产生负面影响, 特别是如果高温事件发生得早。加西亚-印扎等人。使用的房间可能会扭曲自然环境的影响。其他研究测试了高温对不同年份不同地点不同品种果实的影响。在比较采用不同农业方法的不同果园的树木产量时, 许多因素会影响所测试的参数。为了避免这些问题, 我们比较了盆栽成株, 它们都是同龄的, 施肥、修剪和其他处理都相同, 两组之间的唯一区别是它们在果实发育期间的位置。橄榄是以色列的主要作物, 在全国各地都有种植, 包括半沙漠地区, 例如 Tirat Zvi 周边地区, 那里的夏季气温经常超过 40℃。本研究的目的是描述橄榄油积累过程中高温环境对油产量和质量的影响。为了解决这个问题, 我们使用了五个选定品种的五年盆栽橄榄树, 并在果实发育期间将一组放在 Tirat Zvi (夏季高温), 第二组放在相对温和的村庄 Tzuba 夏天, 连续两年。对两组果实发育、油脂积累和油脂质的表征表明, 不出所料, 油脂积累过程中的高温会降低果实大小、油脂产量和油脂质量。然而, 我们证明, 对夏季高温的敏感性取决于基因型。

一、高温环境影响油滴大小和密度

为了解决高温环境对石油聚集的影响, 我们测量了

不同开发阶段的油滴大小和密度: 50、83 和 146 DPA。在 146 DPA, 发现品种类型和树位置及其相互作用对油滴大小的影响是显著的。相比之下, 树的位置对油滴密度的影响并不显著。然而, 品种类型的影响以及品种类型和树位之间的相互作用是显著的。与 MT 站点相比, HT 站点的“Barnea”果实在 50 DPA 时显示出明显更大、更密集的油滴。在 HT 和 MT 站点, 平均油滴尺寸分别为 75 和 54 μm^2 , 平均油滴密度分别为 476 和 352 滴/cm²。然而, 在本季后期, 在 83 和 146 DPA 时, 与 HT 站点相比, MT 的油含量和油滴大小更高, 而两个地点的油滴密度相似。在 83 DPA 时, MT 和 HT 部位的油滴尺寸分别为 286 和 220 μm^2 , 在 146 DPA、860 和 658 μm^2 时。这两个日期的两个地点之间的差异很大。在 MT 和 HT 部位, 83 DPA 下的油滴密度分别为 747 和 650 滴/cm², 而 146 DPA 下的油滴密度分别为 677 和 645 滴/cm²。这两个日期的这些差异在统计上并不显著。'Koroneiki' 橄榄表现出与 'Barnea' 相同的趋势, HT 站点的油滴量更大, 为 50 DPA, MT 站点的油滴量更大, 分别为 83 DPA 和 146 DPA。然而, 在 146 DPA 时, 在“Barnea”中, MT 和 HT 位点之间的油滴尺寸比为 1.3, 而在“Koroneiki”中, 该比值达到 2.6。此外, 在 146 DPA 时, 与 MT 站点相比, HT 的树木中“Koroneiki”橄榄的油滴密度更高。与 HT 站点相比, MT 站点的“Coratina”油滴密度更高。然而, 两个地点之间的差异在所有三个采样日期都不显著。令人惊讶的是, 与 83 DPA 的 MT 站点相比, HT 站点的“Coratina”油滴明显更大。然而, 在本季后期, 在 146 DPA 时, MT 站点的油滴明显大于 HT 站点。在所有采样日期, 两个地点的“Souri”和“Picholine”中的油滴密度相似。然而, 与两个品种的 HT 位点相比, MT 位点的油滴明显更大。到 9 月, 所有五个品种的油含量在 MT 地点的橄榄中都明显高于在 HT 地点种植的橄榄。当时, MT 站点橄榄中的油滴尺寸也明显大于 HT 站点橄榄中的油滴大小。但是, HT 的“Koroneiki”橄榄中的油滴密度高于 MT 站点。

二、高温环境影响油品成分

为了表征高温环境对油成分和质量的影响, 我们测量了从两个地点的不同品种提取的油中的多酚含量。在 2016 年产季, 多酚水平因品种而异。一般来说, 与在 HT 地点种植的相比, 从 MT 地点的水果中提取的油中的含量几乎是两倍。2017 年, HT 站点所有品种的多酚含量均低于 MT 站点。从 HT 站点的“Barnea”中提取的油中测得最低的多酚含量为 156 mg/g 油。从 MT 地点生长的

“Barnea”中提取的油中的多酚含量是 HT 果实中的两倍多——404 mg/g 油。从“Coratina”中提取的油显示出与“Barnea”相同的模式。从 MT 站点生长的“Picholine”提取的油中的多酚含量比 HT 站点的“Picholine”提取的油中的多酚含量高出三倍以上(分别为 893 和 291 mg/g 油)。从 MT 站点的“Koroneiki”中提取的油中的多酚含量比 HT 站点的水平高 150%。在从“Souri”品种提取的油中发现从这两个地方提取的油中多酚含量的最小差异。这主要是由于在从 HT 地点生长的“Souri”中提取的油中发现的多酚含量异常高, 为 772 毫克/克油。橄榄油中的主要脂肪酸是油酸。我们发现, 与从较温和环境中生长的橄榄中提取的油相比, 从 HT 地点种植的所有五个品种中提取的油中的油酸含量较低。2016 年期间, “Barnea”、“Koroneiki”和“Coratina”的 MT 产地橄榄与 HT 产地橄榄中提取的油中油酸百分比的差异分别为 8%、4% 和 7%。2017 年, 两个气候区所有品种的油酸水平均高于 2016 年。从 MT 地点种植的橄榄中提取的油中的油酸水平在“Koroneiki”中达到 74%, 在“Coratina”中达到 76%, 而从 HT 地点种植的橄榄中提取的油中的油酸水平分别为 67% 和 69%。从 HT 地点生长的“Picholine”橄榄中提取的油中的油酸含量为 51.8%, 而在 MT 地点为 60.4%。我们还对这两个气候区不同品种油中的所有其他脂肪酸进行了表征。从在 HT 地点种植的橄榄中提取的油中油酸含量的降低与从那里种植的橄榄中提取的油中棕榈酸(C16: 0)和亚油酸(C18: 2)水平的增加相吻合。与两年中所有品种的 MT 橄榄相比, 来自 HT 的油中棕榈酸含量高出约 2%。在 2016 年提取的“Barnea”油和 2017 年提取的“Picholine”油中检测到过高水平的棕榈酸和亚油酸。从 2017 年在 HT 地点种植的橄榄中提取的“Picholine”油含有 21.6% 的棕榈酸, 并且从 2016 年在 HT 地点种植的橄榄中提取的“Barnea”油含有 23.3% 的亚油酸。

三、高温环境影响果实重量

我们发现'Barnea'品种收获时的最终干果重量不受树木位置和由此产生的温度差异的影响。与“Barnea”相比, “Koroneiki”、“Coratina”、“Souri”和“Picholine”品种在收获时表现出干果重量降低, 这是对 HT 地点较高温度的反应。已经在几种果树物种中确定了温度对果实发育早期阶段的影响。橄榄品种“ Arauco”的干果重量不受 16–25°C 温度的影响。然而, 在更高的温度下, 每增加 1° C, 干果重量就会减少 0.08 克。我们发现 2016 年与品种相关的下降幅度为 0.026 至 0.044 克, 2017 年

为 0.015 至 0.078 克, 每增加 1℃ 的干果重 (在 9 月收获前测量)。有人提出, 果实发育过程中的温度对细胞分裂的影响可能比其对番茄果实细胞扩张的影响更大。另一项研究发现, 番茄果实的持续加热会减少细胞膨胀。我们发现, 在 MT 地点生长的“Barnea”橄榄中, 仅细胞扩张就促进了盛开后 7 周开始的中果皮生长。在 HT 现场, 'Barnea' 果实在盛开后的 50 到 146 天 (7 到 21 周) 遵循这种模式。然而, 在盛开后的 146 至 247 天期间, 细胞膨胀停止, 仅细胞分裂就促进了中果皮生长。在“Koroneiki”品种中, 我们发现了与“Barnea”相似的模式, 但在 MT 位点, 细胞分裂也有助于果实发育后期的中果皮生长。“Coratina”显示出与“Koroneiki”相同的趋势, 而在“Souri”和“Picholine”中, 就像在“Barnea”中一样, 仅是细胞扩增导致了两个位点之间的差异。Rallo 和 Rapoport 发现, 在橄榄中, 与其他核果一样, 细胞分裂和细胞扩张都有助于果实发育早期的中果皮生长。盛开六周后, 细胞分裂停止, 仅细胞扩张就促进了中果皮的进一步生长。哈马米等人。发现六个橄榄品种之间的果实大小差异是由于整个果实生长过程中的细胞分裂, 这主要发生在开花后的前六周。然而, 他们惊讶地发现在这六周后形成了大量的细胞, 并在接下来的 6 个月内继续存在。他们测试的六个品种不包括本研究中测试的五个品种。在我们的研究中, 有可能是由于在果实发育的早期阶段 HT 位点异常高温, “Barnea”品种延迟了中果皮细胞分裂, 直到天气温和 (10 月至 12 月) 到来。'Koroneiki' 品种已被证明对高温相对敏感, 它可能在春季受到 MT 部位温度的压力, 因此表现出细胞分裂延迟。2017 年 9 月, 当 HT 位点和 MT 位点种植的橄榄之间的果实重量差异最大时, 细胞层数相同, 但所有品种在 MT 位点的细胞面积均显著增加, 但 '巴尼亚'。这表明, 与蜜柑不同, 高温对橄榄果实重量的主要影响是通过抑制细胞扩张而不是细胞分裂。

四、高温环境影响石油聚集

我们发现高温环境对油浓度的影响取决于基因型。2016 年 HT 与 MT 场址日最高气温平均相差 9.2℃, 最低日气温平均相差 4℃。2016 年, 这些温度差异并未影响“Barnea”和“Coratina”的最终油浓度。然而, 同年的“Koroneiki”品种在收获时的最终干果油浓度在 MT 站点为 45.6%, 在 HT 站点为 29.1%, 平均每增加一个最大值, 降低约 1.79% 日最低气温每升高 1 度, 气温下降 4.13%。'Souri' 品种的最高日温每升高 1 度降低 2.08%, 最低日温每升高 1 度降低 4.78%。2017 年, 作

为高温严重程度函数的油浓度下降比 2016 年更为温和。然而, 与 2016 年一样, 'Barnea' 和 'Coratina' 品种的干果油浓度不受位置的影响树木和由此产生的温度差异, 而 'Koroneiki' 和 'Souri' 品种在收获时显示出油浓度降低, 以响应 HT 位置的较高温度。'Picholine' 干果油浓度, 如 'Barnea' 和 'Coratina', 在两个位置相似。其他研究发现, 热应激使向日葵杂交种的油浓度降低了 6%。然而, 在灌浆过程中经历过热应激的玉米被发现具有与对照植物相同的油含量。发现 'Arauco' 品种中橄榄油浓度占干重的百分比以每升高 1 度的温度线性降低 1.1%。我们的发现也与 Rondanini 等人的结果一致。该研究在两年内的三个地点测量了六个橄榄品种的油脂积累, 发现油脂浓度与平均温度之间存在负相关关系。发现盆栽 'Coratina' 和 'Arbequina' 树对热应激处理的反应分别减少了 0.34 和 0.22 克的干果重量。在这项研究中, 暴露于高温的水果中, 以干重计, 水果油浓度 (%) 分别降低了 4.6% 和 6.2%。发现较高的温度促进植物生长, 但对油浓度产生负面影响。特伦塔科斯特等人。发现 10 个橄榄品种的果油浓度随着日最高温度的升高而降低。人们普遍认为, 只有在坑硬化之后才开始积油。然而, 虽然坑硬化发生在开花后约 10 周, 但 Matteucci 等人。已经表明, 油体在开花后 7 周出现在中果皮细胞中, 并且来自它们的融合产生的大油滴在开花后 10 周出现在每个细胞中。根据 Matteucci 等人的说法, 我们还在开花后 50 天观察到非常清晰的油体。在开花后 146 天的 9 月, 与所有五个品种的 HT 位点相比, MT 位点的油滴明显更大。在这个阶段, 油滴占细胞体积的 3% 到 17%。然而, 这些值并不代表中果皮中的真实油浓度, 因为每个单元格可能包含许多在拍摄照片时尚未融合的小油滴。

五、高温环境影响油品质量

在目前的研究中, 高温对化学参数的影响包括总多酚和橄榄油的脂肪酸组成。众所周知, 多酚水平在果实发育过程中会降低。这些水平通常与水资源压力呈正相关, 但在某些情况下显示出不同的趋势。我们的分析表明, 高温环境导致所有分析品种的总多酚含量下降。2016 年, 在所有 3 个分析品种中, 来自 HT 站点的油中总多酚水平约为来自 MT 站点的油中水平的 55%。2017 年, 来自 HT 站点的总多酚水平油大约是来自 MT 站点“Barnea”、“Picholine”和“Coratina”的油中发现的水平 35%。然而, 在“Koroneiki”品种中, HT 位点的多酚水平是 MT 位点的 65%, 而在“Souri”中, HT 位点橄榄中的多酚水平非常高, 达到 772 mg/kg 油, 相比

之下在 MT 站点中达到 905 mg/kg 油。HT 站点中总多酚的减少也可以通过灌溉方式的差异来解释。人们认识到, 由于橄榄果实中生物合成和分解代谢多酚途径的变化, 果实发育过程中的过度灌溉会导致橄榄油中的酚类浓度降低。HT 站点的橄榄树比 MT 站点的橄榄树多三分之一的水; 我们认为, 这两个地点的多酚水平差异太大, 无法仅用灌溉水平来解释。2017 年的总多酚水平高于 2016 年, 与之前研究中发现的水平相比非常高。这可以解释为气候变化的影响。与 MT 位点相比, HT 油中的总多酚水平显着低于所有品种的 MT 位点, 但如上所述, “Souri” 在 MT 位点和 HT 位点具有非常高的总多酚水平。这可能表明, 至少在油质方面, “Souri” 品种相对耐受高温。油质的主要标准之一是其脂肪酸组成。与其他关于橄榄油的研究一致, 在我们的研究中, 所有品种的油酸含量在这两年都显示出其油酸含量的降低, 以应对 HT 现场的高温环境。在葵花籽油中, 热应激导致油酸含量增加和亚油酸减少。相反, 已经证明, 在橄榄中, 高温导致油酸水平降低, 亚油酸和棕榈酸增加。这可能部分由参与油生物合成途径的基因的基因表达水平来解释。与温和温度地区相比, 在高温地区, 品种 ‘Arbequina’、‘Barnea’、‘Koroneiki’、‘Manzanillo’ 和 ‘Picual’ 的油酸含量较低, 而亚油酸含量较高。这项研究比较了新南威尔士州北部和昆士兰南部的橄榄油成分, 这是一个温暖的地区, 而塔斯马尼亚则是一个较温和的地区。塔斯马尼亚没有分析 “Koroneiki” 脂肪酸组成。然而, 与温和地区相比, 温暖地区的 “Barnea” 和 “Coratina” 的油酸含量分别下降了 16.6% 和 7.8%。我们的结果表明, 与 MT 位点相比, 从 HT 提取的油在油酸含量方面的差异较小。Mailer 等人分析的第二个季节的温度。没有提到。然而, 与我们的研究结果相比, 油酸含量的较大下降可以用温度或其他农艺参数的较大差异来解释, 因为他们的实验地点在许多变量上存在差异: 它们由不同的农民种植, 可能使用不同的土壤, 水质和许多其他参数。在 2001 年至 2005 年期间, 研究了生长季节温度对 188 个意大利品种脂肪酸组成的影响。与研究相比, 研究最温暖的一年 (2003 年) 发现油酸显着降低, 棕榈酸和亚油酸水平升高。最酷的一年 (2005 年)。我们研究中使用的栽培品种在试验的两年中都表现出由于暴露于高温环境中的高温而导致棕榈酸和亚油酸水平升高。根据国际橄榄理事会 (IOC; <http://www.internationaloliveoil.org>), 橄榄油必须含有 55-83% 的油酸和 3.5-21% 的亚油酸。2016 年在 HT 场地生长的 “Barnea” 油含有 23.34% 的亚

油酸, 2017 年来自 HT 场地的 “胆碱” 油含有 51.8% 的油酸和 21.62% 的亚油酸。因此, 两者都不符合国际奥委会的标准。对 2017 年从五个品种中提取的油的的分析表明, 与 HT 地点种植的橄榄相比, 在 MT 地点种植的橄榄之间的油成分差异最小。与 MT 位点相比, ‘Souri’ 中的油酸减少了不到 4%, 亚油酸在 HT 位点仅增加了 1.5%。这些结果连同总多酚水平的结果表明, 就油质而言, “Souri” 品种比本研究中分析的任何其他品种更能耐受高温环境。

六、结论

我们的研究证明了高温环境对橄榄油质量的几个关键特性的负面影响。高温环境显示出对果实发育和油脂积累产生负面影响, 从而降低产量。这些高温通过改变脂肪酸组成并导致多酚和油酸 (橄榄油最重要的成分) 减少, 从而降低了油的质量。然而, 高温效应取决于基因型, 每个品种对这种压力的反应不同。我们发现每个受试品种对高温环境的反应不同; 没有一个是完全耐热的。‘Koroneiki’ 品种在所有分析参数中都受到高温的负面影响。在 ‘Picholine’ 和 ‘Coratina’ 品种中, 果实发育和油质受到 HT 场地高温的负面影响, 但油浓度保持不受影响。‘Souri’ 品种在果实发育和油浓度方面对高温环境有负面反应, 但在油质方面相对耐受高温。相比之下, 在 “Barnea” 品种中, 暴露于高温会降低油质, 但不会影响最终果实重量或油浓度。尽管我们的结果应该谨慎对待, 因为该实验仅进行了两年, 但我们发现受试品种对高温环境对所检查的某些性状的影响具有耐受性, 而对其他性状则表现出敏感性。这表明这些性状对高温环境的反应是不同的, 表明诱导了三种不同的信号转导机制, 导致果实发育、油脂积累和油脂质量降低。不同的橄榄品种已经开发出多种机制来应对不同方面的高温损害。阐明这三种反应中每一种反应的机制是开发各种耐高温损害橄榄的过程中的重要一步。

参考文献:

- [1]Goldman SD. The Effects of Heat Stress on High Oil Corn: Western Kentucky University; 2005. 52.
- [2]Alowaiesh B, Singh Z, Fang Z, Kailis SG. Harvest time impacts the fatty acid compositions, phenolic compounds and sensory attributes of Frantoio and Manzanilla olive oil. *Scientia Horticulturae*. 2018; 234:74 - 80.
- [3]Mougiou N, Trika F, Trantas E, Ververidis F, Makris A, Argiriou A, et al. Expression of hydroxytyrosol and oleuropein biosynthetic genes are correlated with metabolite

accumulation during fruit development in olive, *Olea europaea*, cv. Koroneiki. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2018; 128:41 - 9.

[4] Arnon D, Amos N, Alon B-G, Guy H, Isaac Z, Doron S, et al. The effect of water stress on super-highdensity 'Koroneiki' olive oil quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2015; 95(10):2016 - 20.

[5] A, Ben-Gal A, Yermiyahu U, Basheer L, Nir Y, Kerem Z. The effect of irrigation level and harvest mechanization on virgin olive oil quality in a traditional rain-fed 'Souri' olive orchard converted to irrigation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2008; 88(9):1524 - 8.

[6] Alagna F, Mariotti R, Panara F, Caporali S, Urbani S, Veneziani G, et al. Olive phenolic compounds: metabolic and transcriptional profiling during fruit development. *BMC plant biology*. 2012; 12:162.

[7] Cirilli M, Caruso G, Gennai C, Urbani S, Frioni E, Ruzzi M, et al. The Role of Polyphenoloxidase, Peroxidase, and β -Glucosidase in Phenolics Accumulation in *Olea europaea* L. Fruits under Different Water Regimes. *Frontiers in plant*

science. 2017; 8:717.

[8] Gómez-Rico A, Salvador MD, La Greca M, Fregapane G. Phenolic and Volatile Compounds of Extra Virgin Olive Oil (*Olea europaea* L. Cv. Cornicabra) with Regard to Fruit Ripening and Irrigation Management. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2006; 54(19):7130 - 6.

[9] Servili M, Esposito S, Lodolini E, Selvaggini R, Taticchi A, Urbani S, et al. Irrigation Effects on Quality, Phenolic Composition, and Selected Volatiles of Virgin Olive Oils Cv. Leccino. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2007; 55(16):6609 - 18.

[10] Tovar MJ, Romero MP, Girona J, Motilva MJ. L-Phenylalanine ammonia-lyase activity and concentration of phenolics in developing olive (*Olea europaea* L cv Arbequina) fruit grown under different irrigation regimes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2002; 82(8):892 - 8.

[11] Hernández ML, Padilla MN, Sicardo MD, Mancha M, Martínez-Rivas JM. Effect of different environmental stresses on the expression of oleate desaturase genes and fatty acid composition in olive fruit. *Phytochemistry*. 2011; 72(2):178 - 87.