

**INVESTIGATIONS ON PHYSICO-MECHANICAL
PROPERTIES OF COCONUT PALM FOR THE DESIGN
AND DEVELOPMENT OF A COCONUT PALM
CLIMBER**

**By
AYISHA MANGAT
(2019-28-011)**

ABSTRACT



**DEPARTMENT OF FARM MACHINERY AND POWER ENGINEERING
KELAPPAJI COLLEGE OF AGRICULTURAL ENGINEERING
AND FOOD TECHNOLOGY**

**TAVANUR-679 573
KERALA, INDIA
2025**

ABSTRACT

Coconut palm (*Cocos nucifera* L.) is a versatile tree with global cultivation spanning about 12 million hectares. India leads in production, contributing around 31.45% of the world's total coconut output. In Kerala, coconut is the second most important crop after paddy, producing 5,921 million nuts annually. Despite its widespread cultivation, harvesting remains a significant challenge due to a shortage of skilled labor, youth reluctance to pursue coconut harvesting as a career, health risks, and the lack of proper mechanical climbing devices.

A study was conducted to investigate the physico-mechanical properties of the coconut palm such as height of palm, girth at different levels, inclination of palm trunk with respect to ground and hardness, with the aim of developing a climbing device. It was collected from three districts viz. Malappuram, Palakkad and Thrissur. Two instruments namely *Inclinometer* and *Tree hardness tester* were developed for measuring inclination and hardness of live palm as there are no instruments readily available for those measurements.

A comparative study of some existing models of coconut palm climbers like Chemberi model, TNAU model, CPCRI model, KAU coconut palm climber, KAU Kera Suraksha, and Chachoos Maramkeri was conducted to identify their important features. Additionally, an engine-operated coconut climbing device was also studied.

The height ranges from 8 to 18 m for tall varieties and for dwarf varieties it ranges from 3 to 8m. The GBH of coconut palm comes within the range of 60 to 100 cm. The maximum number of palms falls in the range of 80-85 cm GBH. The crown width comes within a range of 7-12 m, with an average value of 9-9.5 cm. The inclination was categorized into four groups and the data reveals that 92.1% of the palms fall under the "Erect" category.

Hardness of palm trunk was measured using the developed Tree hardness tester with three different indenter tools of different head geometries like wedge, spherical, and square. It was measured at four different penetration depths such as 1 mm, 2 mm, 3 mm and 4 mm. All tools demonstrate a reduction in hardness as penetration depth increases. Highest hardness recorded is 6.85 N mm^{-2} for sphere shaped tool. The Wedge tool experiences the sharpest decline in hardness with depth, suggesting that its penetration becomes easier as it moves deeper into the palm.

Based on the preliminary study of the physico-mechanical properties of coconut palms and the analysis of the features of existing climbing devices, some functional requirements were identified for designing a new coconut climber. A conceptual design was then finalized and the subsystems were developed to meet these requirements.

The components of the designed climbing device were Extendable Mechanism, Hauling mechanism, Safety mechanism, Top fixture ring and Mounting fixture and transport aid. The extendable mechanism comprised a telescopic rung ladder with three sections, each measuring 4.6 meters, designed to reach a height of 12 m. The extension to its full length is facilitated by a hauling system that includes steel wire rope and pulley, a winch mechanism, and a power source.

The power required to lift the ladder and climber to a height of 12 m was calculated based on the weight to be lifted and the desired lifting speed. A 1 hp electric motor was selected as the power source to efficiently operate the hauling mechanism and lift the ladder to the required height. Suitable speed reduction mechanism for the winch system with a speed reduction ratio of 60:1 was selected to get the desired climbing velocity of 0.14 ms^{-1} .

The telescopic ladder is securely supported on the palm trunk using a top fixture ring that prevents the ladder from sliding sideways. Self-adjusting, spring-loaded rollers were incorporated within the top ring to accommodate the varying girth

dimensions of the palm trunk corresponding diameters ranging from 200 mm to 320 mm, representing the minimum and maximum trunk diameters observed in the field. A sturdy, trapezoidal-shaped basket was hinged to the top of the ladder section for operator safety. A safety harness was also recommended for enhanced protection. All the components were mounted on a trolley platform with provisions for rotational control and tilt control.

Finite element analysis of the ladder and mounting fixture was done. The values for ladder show that the deformation and stress reach a maximum of 76.612 mm and 70.814 MPa, respectively for an applied load of 1500 N. For mounting fixture, the deformation was 2.7766 mm and stress was 205.76 MPa.

The time taken for climbing a 12 m height coconut palm including setting time was 130 seconds and that for climbing down including dismantling was 120 seconds. The climber requires an initial investment of ₹95,000, has a lifespan of 15 years, and a resale value of ₹9,500. The total operating cost of the device was ₹240 per hour, while the cost of climbing per tree was ₹40, assuming six trees were climbed per hour.

സംഗ്രഹം

തെങ്ങ് ഒരു വൈവിധ്യമാർന്ന വൃക്ഷമാണ്, ഇത് ആഗോളതലത്തിൽ ഏകദേശം 12 ദശലക്ഷം ഹെക്ടർ സ്ഥലത്ത് കൃഷി ചെയ്യപ്പെടുന്നു. ലോകത്തിലെ മൊത്തം നാളികേര ഉൽപാദനത്തിന്റെ 31.45% സംഭാവന ചെയ്യുന്ന ഇന്ത്യ ആണ് ഉൽപാദനത്തിൽ മുന്നിട്ട് നിൽക്കുന്നത്. കേരളത്തിൽ നെല്ല് കഴിഞ്ഞാൽ ഏറ്റവും പ്രധാനപ്പെട്ട രണ്ടാമത്തെ വിളയാണ് നാളികേരം, പ്രതിവർഷം 5,921 ദശലക്ഷം നാളികേരം ആണ് കേരളത്തിൽ ഉത്പാദിപ്പിക്കുന്നത്. വ്യാപകമായി കൃഷി ചെയ്തിട്ടും, വൈദഗ്ധ്യമുള്ള തൊഴിലാളികളുടെ കുറവ്, തെങ്ങ് വിളവെടുപ്പ് ഒരു തൊഴിലായി തിരഞ്ഞെടുക്കുന്നതിൽ യുവാക്കളുടെ വിമുഖത, ആരോഗ്യപരമായ അപകടസാധ്യതകൾ, ശരിയായ മെക്കാനിക്കൽ ഉപകരണങ്ങളുടെ അഭാവം എന്നിവ കാരണം വിളവെടുപ്പ് ഒരു പ്രധാന വെല്ലുവിളിയായി തുടരുന്നു.

തെങ്ങിന്റെ ഉയരം, വിവിധ തലങ്ങളിലുള്ള ചുറ്റളവ്, തടിയുടെ ചെരിവ്, ഹാർഡ്നെസ്സ് തുടങ്ങിയ ഭൗതിക-മെക്കാനിക്കൽ ഗുണങ്ങളെക്കുറിച്ച് പഠിക്കുന്നതിനായി ഒരു മെക്കാനിക്കൽ ഉപകരണം വികസിപ്പിക്കുക എന്ന ലക്ഷ്യത്തോടെ ഒരു പഠനം നടത്തി. മൂന്ന് ജില്ലകളിൽ നിന്നായി തെങ്ങിന്റെ പ്രാഥമിക വിവരശേഖരണം നടത്തി - മലപ്പുറം, പാലക്കാട്, തൃശ്ശൂർ. തെങ്ങിന്റെ ചെരിവും ഹാർഡ്നെസ്സും അളക്കാൻ ഇൻക്ലിനോമീറ്റർ, ട്രീ ഹാർഡ്നെസ് ടെസ്റ്റർ എന്നീ രണ്ട് ഉപകരണങ്ങൾ വികസിപ്പിച്ചെടുത്തു,

ചെമ്പേരി മോഡൽ, ടി.എൻ.എ.യു. മോഡൽ, സി.പി.സി.ആർ.ഐ. മോഡൽ, കെ.എ.യു. മോഡൽ, കെ.എ.യു. കേര

സുരക്ഷ, ചാച്ചൂസ് മരംകേറി തുടങ്ങിയ നിലവിലുള്ള ചില മാതൃകകളുടെ താരതമ്യ പഠനം നടത്തി, അവയുടെ പ്രധാന സവിശേഷതകൾ തിരിച്ചറിയാൻ ശ്രമിച്ചു. കൂടാതെ, എഞ്ചിൻ ഉപയോഗിച്ച് പ്രവർത്തിപ്പിക്കുന്ന ഒരു തെങ്ങ് കയറ്റ ഉപകരണവും പഠനത്തിന് വിധേയമാക്കി.

പഠനത്തിന് വിധേയമാക്കിയ നാടൻ തെങ്ങുകൾക്ക് 8 മുതൽ 18 മീറ്റർ വരെയും, കുളുൻ ഇനങ്ങൾക്ക് 3 മുതൽ 8 മീറ്റർ വരെയും ഉയരമുണ്ട്. തെങ്ങിന്റെ GBH 60 മുതൽ 100 സെന്റിമീറ്റർ വരെയാണ് ലഭിച്ചത്. പരമാവധി തെങ്ങുകളുടെ എണ്ണം 80-85 സെ.മീ GBH പരിധിയിലാണ് ലഭിച്ചത്. വൃക്ഷ മേലാപ്പിന്റെ വീതി 7-12 മീറ്റർ പരിധിയിലും, ശരാശരി 9-9.5 സെന്റിമീറ്റർ ആണ് ലഭിച്ചത്. തെങ്ങിന്റെ ചെരിവിനെ നാല് ഗ്രൂപ്പുകളായി തരംതിരിച്ചു, ഡാറ്റ വെളിപ്പെടുത്തുന്നത് 92.1% തെങ്ങുകളും "ഉയർന്ന" വിഭാഗത്തിൽ പെടുന്നു എന്നാണ്.

വെഡ്ജ്, ഗോളാകൃതി, ചതുരം എന്നിങ്ങനെ വ്യത്യസ്ത ഹെഡ് ഉള്ള മൂന്ന് വ്യത്യസ്ത ഇൻഡെന്റർ ഉപയോഗിച്ച് വികസിപ്പിച്ച ഭീ ഹാർഡ്നെസ് ടെസ്റ്റർ ഉപയോഗിച്ചാണ് തടിയുടെ കാഠിന്യം അളന്നത്. 1 മില്ലീമീറ്റർ, 2 മില്ലീമീറ്റർ, 3 മില്ലീമീറ്റർ, 4 മില്ലീമീറ്റർ എന്നിങ്ങനെ നാല് വ്യത്യസ്ത ആഴങ്ങളിലാണ് ഹാർഡ്നെസ് അളന്നത്. എല്ലാ ഉപകരണങ്ങളുടെയും കാഠിന്യം കുറയുന്നത് അവയുടെ തുളച്ചുകയറൽ ആഴം കൂടുന്നതിനനുസരിച്ച് പ്രകടമാണ്. ഗോളാകൃതിയിലുള്ള ഉപകരണത്തിന് രേഖപ്പെടുത്തിയ ഏറ്റവും ഉയർന്ന കാഠിന്യം 6.85 N mm^{-2} ആണ്. ആഴം കൂടുന്തോറും വെഡ്ജ് ഉപകരണത്തിന്റെ കാഠിന്യത്തിൽ ഏറ്റവും കുറവ് അനുഭവപ്പെടുന്നു.

തെങ്ങുകളുടെ ഭൗതിക-മെക്കാനിക്കൽ ഗുണങ്ങളെക്കുറിച്ചുള്ള പ്രാഥമിക പഠനത്തിന്റേയും നിലവിലുള്ള കയറ്റ ഉപകരണങ്ങളുടെ സവിശേഷതകളുടെ വിശകലനത്തിന്റേയും അടിസ്ഥാനത്തിൽ, ഒരു പുതിയ തെങ്ങ് കയറ്റയന്ത്രം രൂപകൽപ്പന ചെയ്യുന്നതിനുള്ള ചില ആവശ്യകതകൾ തിരിച്ചറിഞ്ഞു. തുടർന്ന് ഒരു ആശയപരമായ രൂപകൽപ്പന അന്തിമമാക്കുകയും ഈ ആവശ്യകതകൾ നിറവേറ്റുന്നതിനായി ഉപസിസ്റ്റങ്ങൾ വികസിപ്പിക്കുകയും ചെയ്തു.

രൂപകൽപ്പന ചെയ്ത ക്ലൈംബിംഗ് ഉപകരണത്തിന്റേ ഘടകങ്ങൾ എക്സ്റ്റൻഡബിൾ മെക്കാനിസം, ഹാളിംഗ് മെക്കാനിസം, സേഫ്റ്റി മെക്കാനിസം, ടോപ്പ് ഫിക്ചർ റിംഗ്, മൗണ്ടിംഗ് ഫിക്ചർ, ട്രാൻസ്പോർട്ട് എയ്ഡ് എന്നിവയായിരുന്നു. 4.6 മീറ്റർ നീളമുള്ള മൂന്ന് ഭാഗങ്ങളുള്ള ഒരു ടെലിസ്കോപ്പിക് ഏണി, 12 മീറ്റർ ഉയരത്തിൽ എത്താൻ രൂപകൽപ്പന ചെയ്തിരിക്കുന്നു. സ്റ്റീൽ വയർ, പുള്ളി, ഒരു വിഞ്ച് സംവിധാനം, ഒരു പവർ സ്രോതസ്സ് എന്നിവ ഉൾപ്പെടുന്ന ഒരു സംവിധാനമാണ് ഇതിന്റേ മുഴുവൻ പ്രവൃത്തി സുഗമമാക്കുന്നത്.

ഉയർത്തേണ്ട ഭാരവും ആവശ്യമുള്ള ലിഫ്റ്റിംഗ് വേഗതയും അടിസ്ഥാനമാക്കിയാണ് ഗോവണിയും ക്ലൈമ്പറും 12 മീറ്റർ ഉയരത്തിലേക്ക് ഉയർത്താൻ ആവശ്യമായ ശക്തി കണക്കാക്കിയത്. അതിനായി 1 എച്ച്പി ഇലക്ട്രിക് മോട്ടോർ പവർ സ്രോതസ്സായി തിരഞ്ഞെടുത്തു. 0.14 ms^{-1} എന്ന ആവശ്യമുള്ള ക്ലൈംബിംഗ് പ്രവേഗം ലഭിക്കുന്നതിന് 60:1 എന്ന സ്പീഡ് റീഡക്ഷൻ അനുപാതമുള്ള വിഞ്ച് സിസ്റ്റത്തിന് അനുയോജ്യമായ സംവിധാനം തിരഞ്ഞെടുത്തു.

ടെലിസ്കോപ്പിക് എണി, മുകളിലെ ഒരു ഫിക്ചർ റിംഗ് ഉപയോഗിച്ച്, വശത്തേക്ക് വഴുതിപ്പോകുന്നത് തടയുന്നു. 200 മില്ലീമീറ്റർ മുതൽ 320 മില്ലീമീറ്റർ വരെയുള്ള വ്യാസമുള്ള തടിയുടെ വ്യത്യസ്ത ചുറ്റളവ് ഉൾക്കൊള്ളുന്നതിനായി, സ്വയം ക്രമീകരിക്കാവുന്ന, സ്പ്രിംഗ്-ലോഡഡ് റോളറുകൾ മുകളിലെ വളയത്തിനുള്ളിൽ ഉൾപ്പെടുത്തിയിട്ടുണ്ട്, ഇത് ഏറ്റവും കുറഞ്ഞതും കൂടിയതുമായ തടിയുടെ വ്യാസങ്ങളെ പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നു. ഓപ്പറേറ്ററുടെ സുരക്ഷയ്ക്കായി, എണിയുടെ മുകളിൽ ഒരു ഉറപ്പുള്ള, ട്രിപ്പിസോയിഡൽ ആകൃതിയിലുള്ള കൊട്ട ഘടിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. മെച്ചപ്പെട്ട സംരക്ഷണത്തിനായി ഒരു സുരക്ഷാ ഹാർനെസും ശുപാർശ ചെയ്തു. എല്ലാ ഘടകങ്ങളും ഒരു ട്രോളി പ്ലാറ്റ്ഫോമിൽ ഘടിപ്പിച്ചിരുന്നു.

എണിയുടെയും മൗണ്ടിംഗ് ഫിക്ചറിന്റേയും പരിമിതമായ മൂലക വിശകലനം നടത്തി. 1500 N പ്രയോഗിച്ച ലോഡിന്, രൂപഭേദവും സമ്മർദ്ദവും യഥാക്രമം പരമാവധി 76.612 mm ഉം 70.814 MPa ഉം ആയി എത്തുന്നുവെന്ന് മൂല്യങ്ങൾ കാണിക്കുന്നു. മൗണ്ടിംഗ് ഫിക്ചറിന്, രൂപഭേദം 2.7766 mm ഉം സമ്മർദ്ദം 205.76 MPa ഉം ആയിരുന്നു.

12 മീറ്റർ ഉയരമുള്ള ഒരു തെങ്ങിൽ കയറാൻ എടുത്ത സമയം സജ്ജീകരണ സമയം ഉൾപ്പെടെ 130 സെക്കൻഡും താഴേക്ക് കയറാൻ എടുത്ത സമയം പൊളിച്ചുമാറ്റൽ ഉൾപ്പെടെ 120 സെക്കൻഡുമാണ്. ഈ ക്ലൈമ്പറിന് പ്രാരംഭ നിക്ഷേപം ₹95,000 ആണ്, ആയുസ്സ് 15 വർഷമാണ്, പുനർവിൽപ്പന മൂല്യം ₹9,500 ആണ്. മണിക്കൂറിൽ ആറ് മരങ്ങൾ കയറിയെന്ന് അനുമാനിക്കുകയാണെങ്കിൽ,

ഉപകരണത്തിന്റെ ആകെ പ്രവർത്തന ചെലവ് മണിക്കൂറിന് ₹240 ആയിരുന്നു, അതേസമയം ഒരു മരം കയറുന്നതിന് ₹40 ആയിരുന്നു.