

Anatomia komórek drewna sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) pod wpływem zmiany klimatu na początku sezonu wegetacyjnego

Istnieje wyraźna luka w badaniach nad coraz częściej obserwowaną obecnie zmianą rocznego cyklu rozwojowego drzew sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.), zwłaszcza w kontekście terminu rozpoczęcia wiosennego wzrostu. Nasze wstępne badania, przeprowadzone na 100 drzewach z okolic Torunia, wskazują na możliwość przesunięcia cyklu rozwojowego sosny zwyczajnej spowodowanego łagodniejszą zimą i wcześniejszą wiosną. Powtarzając po 20 latach badania korelacji szerokości słoju drzew z klimatem, stwierdzamy, dla dobowych danych meteorologicznych, istotny sygnał klimatyczny dla opadów w miesiącach luty-kwiecień oraz czerwiec-lipiec. Dotychczasowe badania określają istotność wpływu opadów na wzrost drzew dla okresu od kwietnia do sierpnia. Porównanie tych wyników wskazuje wyraźnie na przesunięcie okresu istotnego znaczenia opadów. Uzyskane przez nas wyniki potwierdzają wcześniejsze badania, jednak wskazują na wyjątkowe znaczenie marca dla opadów i temperatury, co może oznaczać wydłużenie lub zmianę okresu wzrostu drzew. Przy obecnych zmianach klimatycznych w Północnej Polsce: cieplejszych zimach i wcześniejszej wiosnie, intensywne potencjalne odwilże i opady rozpoczynają się już w lutym-marcu, co powoduje intensywniejsze niż dotychczas zaopatrzenie podłoża w wodę. Zmiana warunków klimatycznych może spowodować różnicę w rytmie wzrostu drzew, przyspieszając opady deszczu. Ze względu na obserwowaną przez nas znaczną reakcję drzew na zmieniające się warunki klimatyczne, uważamy, że konieczne jest szczegółowe przyjrzenie się tym reakcjom i zbadanie, jak zmieniały się parametry komórek drewna.

Postawiliśmy hipotezę, że obserwowane zmiany klimatyczne wpływają na mikroanatomię komórek sosny zwyczajnej i zmuszają drzewa do zmiany wzorca wzrostu. Uważamy, że jest to spowodowane zmianami sum opadów podczas rocznego cyklu wzrostu drzew i ich adaptacją do nowych warunków klimatycznych, jednakże wymaga to weryfikacji. Główne pytanie naukowe, jakie stawiamy, brzmi: **jak anatomia komórek gatunku sosny zwyczajnej reaguje na zmieniające się warunki klimatyczne w ciągu ostatnich stu lat (1921-2019)? A zwłaszcza, jak reagowała w ciągu ostatnich 20 lat, kiedy to obserwowaliśmy wyraźne zmiany klimatu i wcześniejsze nadejście wiosny?** Celem projektu badawczego jest analiza parametrów komórek sosny zwyczajnej rosnącej w klimacie umiarkowanym przejściowym na siedlisku mieszanym w Polsce Północnej pod kątem korelacji parametrów komórek drzew z klimatem. Analizowane cechy klimatu to suma opadów i średnia temperatura dobową. Analiza całych słoju drzew pozwala na uzyskanie rocznej rozdzielczości. Natomiast badanie anatomii komórek drzewnych pozwala na zwiększenie rozdzielczości do sezonowej, a nawet do dwóch tygodni, gdyż jest to znany czas, w którym komórki się formują. Staramy się również odpowiedzieć na pytanie, **czy korelacje między parametrami komórek a zmieniającymi się warunkami klimatycznymi będą na tyle istotne statystycznie, by wykorzystać obliczone parametry komórek do stworzenia rekonstrukcji klimatu.** Dostarczenie rekonstrukcji sezonowych jest niezbędne do zrozumienia zachodzących obecnie zmian klimatycznych. Będzie to miało kluczowe znaczenie dla oceny, w jaki sposób lasy mogą reagować na przyszłe scenariusze zmian klimatu, oraz dla stworzenia znacznie bardziej szczegółowych zapisów reakcji w przeszłości. Wykorzystanie danych dziennych, tzn. możliwość wyboru okresu w interesującym użytkownika przedziale czasowym, a nie z góry ustalonych 30-dniowych okresów miesięcznych, pozwala na bardziej elastyczne spojrzenie na zmieniające się zjawiska pogodowe, takie jak intensywne, ale krótkotrwałe opady deszczu lub wyjątkowo wysoka lub niska temperatura trwająca krócej niż miesiąc. Analizy

klimatyczne oparte na danych dziennych są dokładniejsze, co pozwala na bardziej precyzyjne określenie czasu nadejścia wcześniejszej wiosny niż w przypadku danych miesięcznych. Kilkudniowa anomalia termiczna w uśrednionym zapisie danych miesięcznych może zostać przeoczona, co nie jest możliwe w przypadku danych dobowych. Dzięki danym dobowym możliwa jest bardziej precyzyjna analiza potencjalnie obserwowanych zmian w anatomii drzew, spowodowanych zmianami klimatycznymi w ostatnich dziesięcioleciach. Ponieważ rozwój komórek drzew trwa średnio dwa tygodnie, postanowiono oprzeć się o ten przedział czasowy w analizach.

Projekt ten będzie miał pionierski charakter, ponieważ pozwoli uzupełnić brakujące informacje o tym, jak współczesne drzewa reagowały na ostatnie zmiany klimatu w regionie Polski Północnej na przestrzeni prawie 100 lat (1921-2019). W celu zagwarantowania terminowego zakończenia badań i wyeliminowania ryzyka niepowodzenia zastosowane zostaną sprawdzone metody badawcze w zakresie analizy komórkowej pierścieni drzew. **Zwiększenie rozdzielczości danych z rocznej (szerokość słoików) do śródrocznej (parametry komórek) oraz wykorzystanie ciągłych, codziennych danych meteorologicznych ze stacji meteorologicznych, a nie danych GRID, znacznie rozszerzy ograniczone dotychczasowe wyniki badań dla Polski.**

English version

Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) wood cell anatomy changes under the influence of the climate shift at the beginning of the growing season

There is a clear gap in research on the currently increasingly observed change in the annual growth cycle of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) trees, especially in the context of the date of onset of spring growth. Our preliminary studies, performed on 100 trees from the Toruń area, indicate a possibility of a shift in the growth cycle of Scots pine trees caused by milder winters and early spring. Repeating the tree rings width-climate correlation study, after 20 years, we find, for daily meteorological data, a significant climate signal for precipitation for the months of February-April and June-July. Existing studies determine the significance of the effect of precipitation on tree growth for April to August. Comparing the results shows clearly a shift in the period of statistical importance in precipitation. Our results confirm previous studies and deliver the exceptional significance of March for precipitation and temperature, which can mean the elongation or change of the tree growth period. With the current climatic changes in Northern Poland: warmer winters and early spring, intensive potential thaw and rainfall begin as early as February-March, resulting in a more intensive substrate water supply than before. The change in climatic conditions may cause a difference in the rhythm of tree growth, accelerating rainfall. Because of the significant response of trees to changing climatic conditions that we have observed, we think it is essential to look at these responses in detail and investigate how wood cell parameters have evolved.

We hypothesise that the observed climate change affects the microanatomy of Scots pine cells and forces trees to change their growth pattern. We believe that this is due to changes in precipitation sums during the trees' annual growth cycle and their adaptation to new climatic conditions, but this needs to be verified. The main scientific question we are asking is **how does the cell anatomy of the Scots pine trees species respond to changing climatic conditions over the last hundred years (1921-2019)? Especially how it responded in the**

previous 20 years when we have seen marked climate change and earlier arrival of spring?

The research project aims to analyse the cell parameters of Scots pine trees growing in a temperate transitional climate in mixed habitat in Northern Poland regarding correlations of tree cell parameters with climate. The climate features analysed are total precipitation and mean daily temperature. The analysis of whole tree rings offers an annual resolution. Still, the study of wood cell anatomy allows to increase the resolution to seasonal and even to two weeks, as it is known as the time while cells are formed. We also seek to answer **whether correlations between cell parameters and changing climate conditions will be statistically significant enough to use the calculated cell parameters to create a climate reconstruction**. Providing seasonal reconstructions are essential for understanding nowadays climatic changes. It will be crucial in assessing how forests may respond to future climate change scenarios and creating much more detailed records of past responses. The use of daily data, i.e. the ability to select a period within a time frame of interest to the user, rather than pre-determined 30-day monthly periods, allows a more flexible view of changing weather phenomena, such as intense but short-lived rainfall or an exceptional high or low temperature lasting less than a month. Climate analyses based on daily data are more accurate, allowing more precise timing of the arrival of an earlier spring than monthly data. A thermal anomaly of a few days in an averaged monthly data record can be overlooked, which is not possible with daily data. With daily data, a more precise analysis of potentially observed changes in tree anatomy due to climate change in recent decades is possible. As tree cells take an average of two weeks to develop, it was decided to use this time interval for analyses.

This project will be pioneering as it will address the current lack of information on how modern trees have responded to recent climate change in the Northern Poland region over almost 100 years (1921-2019). Well-established research methods in tree-ring cellular analysis will be used to guarantee timely research completion and eliminate the risk of failure. **Increasing the data resolution from yearly (tree-ring width) to intra-annual (cell parameters) and using continuous, daily, meteorological measurement data collected from meteorological stations rather than GRID data will significantly expand on limited previous findings for Poland.**