

氏名	ボティロフ アリシエル BOTIROV ALISHER
本籍（国籍）	ウズベキスタン共和国
学位の種類	博士（農学）
学位記番号	連研第 801 号
学位授与年月日	令和 3 年 9 月 2 4 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 1 項該当課程博士
研究科及び専攻	連合農学研究科 生物生産科学専攻
学位論文題目	Promoting young apple tree growth after planting in water limited areas （水が限られた地域における植え付け後のリンゴ樹の成長促進）
学位審査委員	主査 弘前大学教授 荒川 修 副査 弘前大学教授 張 樹槐 副査 岩手大学助教 渡邊 学 副査 山形大学教授 平 智

論 文 の 内 容 の 要 旨

Obtaining a sufficient number of shoots on the young apple tree in the first growing season greatly influences future fruit-bearing capacity. Young apple trees that are planted in areas with limited water resources face challenges in their early growth stages. The following experiments were conducted to explore this issue:

1)The roles that irrigation, water retention materials that are added to the soil, and rootstocks play in the growth of young apple trees were studied to find the best ways to promote young apple tree growth. Specifically, the effects of two rootstocks, ‘Marubakaido and JM7’, irrigation amounts (normal: 70% soil water level, dry: 50% soil water level) and soil humectants (Glutain plus Kalpak 66, Hydretain ES Plus, Menedael and Super Sorb C on the upper and lower parts of young apple trees (cv. ‘Miyabi Fuji’), planted in the spring and harvested in late autumn, were studied.

A greater number of shoots were emerged on trees grafted onto Ma than on those on JM7 when both received normal water treatment. The dry water treatment that had the most beneficial impact on the number of shoots for the trees on Ma was Glutain plus Kalpak 66. The length of the very top shoot and of the top three shoots were greater on Ma than on JM7 and the impact of Glutain plus Kalpak 66 was most advantageous under normal water treatment. The top shoot and the top three shoots, under dry water treatment, were longer for Ma than they were for JM7 and the most favorable results for Hydretain ES Plus were observed for the lengths of the top three shoots for Ma.

This study suggests that the growth of young apple trees in areas with limited water resources that have been grafted onto Ma and Jm7 rootstocks could be aided by providing 50% soil water levels with Hydretain ES Plus. Growers in these areas should think about which rootstock to use, what soil water retention treatments to introduce into the soil as well the amount of water that should be applied.

2) While the timing of planting is a normal part of any agricultural operation, it plays a significant role in water-challenged areas where soil moisture is an issue. However, during the winter months in these areas, there is usually sufficient precipitation to maintain adequate water content levels. The aim of this study was to measure root growth and variations in the growth of the upper parts of young apple trees under cold winter conditions. The effects of winter planting (from January through May) on root growth and moisture content on each particular part of young apple trees (cv. 'Miyabi Fuji' grafted onto M.9 and Ma (*Malus prunifolia* 'Ringo')) were studied.

The results showed dramatic changes in root growth from March (average root length less than 2 cm) to May (average root length longer than 10 cm) for both rootstocks. Root growth was observed on winter-planted trees two months earlier than in those planted in the spring. Furthermore, trunk moisture content (MC) increased over time (51.8 percent in January and 56.1 percent in May on M.9). Additionally, physiological changes that occurred during the winter months were observed using a device, an OMT-NIR-M1 SPECTROMETER, that did not destroy the buds. Having observed the root growth process and tree moisture content changes in the trees under study led to the conclusion that winter planting can be recommended in areas where water resources are limited.

3) Being able to forecast bud physiological conditions could help farmers manage their orchards more efficiently, especially since this would enable them to predict the nature of the buds without destroying them in the process. The experiments carried out in this study were conducted with the aim of distinguishing growing from non-growing buds before bud burst using a visible/near-infrared spectrometer, a device that does not destroy the buds being tested. Tests on spring-planted trees were conducted to check growing and non-growing bud physiology and the winter dormancy of young apple trees.

The spectrometric data for the growing buds before bud burst were much lower than the spectrometric data for the non-growing buds on the three varieties tested: "Miyabi Fuji", 'Orin' and 'Jonagold'. The highest first factor effect (87.5%) was determined by a PCA test conducted on growing and non-growing 'Miyabi Fuji' buds three days before bud burst, whereas the lowest (78.3%) was observed for 'Orin' buds five days before bud burst. 640, 650, and 700 nm were determined by PCA testing to be significant wavelengths before bud burst for all three varieties studied, while 950 and 1050 nm wavelengths were also significant for the 'Jonagold' variety (changes in the above-mentioned 950 and 1050 nm of wavelength applied only for 'Jonagold' and only three days before bud burst).

4) The experiments were conducted with the aim of distinguishing flower from non-flower buds before bud burst using a visible/near-infrared spectrometer. The near-infrared part of the visible/near-infrared spectrometer data for flower and non-flower buds clarified the difference between flower and non-flower buds. Three days before bud burst, the Cubic KNN of the KNN classifier smoothly collated flower and non-flower bud Spectro data (accuracy 75.9%, sensitivity 86% and specificity 67%). Three days before bud burst, non-flower bud chlorophyll content was markedly higher ($P < 0.05$) than the flower bud chlorophyll content, which explains why the visible and near-infrared border might have

been influenced by the bud chlorophyll content. The above-obtained results suggest that apple growers could go through their orchards two days before bud burst to identify flower and non-flower buds with a visible/near-infrared spectrometer.

These results indicate that to ensure the adequate growth of young apple trees in orchards in water challenged areas, apple growers can plant in the early winter months and apply Hydretain ES plus a soil water-retaining substance to use winter precipitation more effectively. Also, for apple growers who want to use a mechanized system for efficient young apple orchard management, it is suggested that the easy-to-use visible/near-infrared spectrometer be employed.

新植後のリンゴ樹においては、新梢の発生数と成長がその後の果実生産に影響する。しかし、特に春季に降雨が少ない地帯においては、新植後の樹の成長が阻害されることが多い。そこで本研究では、このような問題を解決するためにリンゴ樹の成長に関して以下の研究を行った。

1)リンゴ樹の成長を促す管理法を明らかにするために、土壌水分、各種の土壌処理剤、台木がリンゴ樹の成長に及ぼす影響について研究を行った。春に鉢に植え付けたリンゴ樹について、土壌水分（標準：含水率 70%、乾燥：含水率 50%）、土壌の処理剤（ハイドリテイン ES プラス、グルタン、メネデール、スーパーソープ C、ケルパック 66）、2 種類の台木（マルバカイドウ台と JM7 台）を組み合わせて処理し、秋に掘りあげて調査した。

その結果、乾燥条件でのマルバカイドウ台では、グルタンとケルパック 66 の混合処理で新梢数が多くなった。また、乾燥条件での上部の新梢長は JM7 よりマルバカイドウ台で長く、またハイドリテイン ES プラス処理で長くなった。乾燥条件での新梢と根の乾燥重量に対しては JM7 でスーパーソープ C 処理で高くなった。これらの処理が樹の成長に及ぼす影響は樹の部位によって異なる相互作用が認められた。本研究の結果から、全体的に乾燥条件においてはハイドリテイン ES プラスがリンゴ樹の成長に効果があることが認められた。これらの結果から、乾燥地帯の生産者は、どれくらい灌水出来るかによって台木や土壌処理剤を選択すべきである。

2) 春に降雨が少ない地帯でも冬は降雪によって土壌水分が多い地帯では、降雪前にリンゴ樹を植えることが行われている。しかしながら、冬期間は気温が低下して根の伸長が阻害されることが想定される。そこで降雪前に植え付けた場合の根と樹の生理的な状態について M9 台とマルバカイドウ台の‘宮美ふじ’の鉢植え樹を用いて研究を行った。その結果、根は植え付け直後には伸長せず、3 月から徐々に成長を開始して 5 月に旺盛に伸長することが明らかとなった。また、樹の水分率を調査した結果、根が伸長を始める前から徐々に水分率が上昇していることが示された。樹の水分率を知ることは樹の生理的な状態を把握出来るので小型の分光計測器（OMT-NIR-M1 SPECTROMETER）を用いて非破壊的に計測する技術についても検討した。これらの根の成長と樹の水分状態の変化の結果から、この様な地帯では降雪前に植えることが推奨出来る。

3) リンゴ樹の芽の生理的な状態を萌芽前に非破壊的に判別することは、リンゴ樹の管理を効果的に行うために有益である。そこで本研究では、小型の分光計測器を用いて、萌芽前の芽の可視から近赤外域の分光反射（吸光）特性を計測し、成長するかしないかを予測する方法について研究を行った。新植したリンゴの苗木の芽を萌芽前に経時的に計測した。その結果、芽の特性によって分光吸光値に違いが認められた。主成分分析において、‘宮美ふじ’では萌芽 3 日前の測定で第 1 主成分の寄与率が 87.5%と最も高くなったが、萌芽 5 日前の‘王林’では

78.3%と低かった。波長では 3 品種とも、主成分分析において、640,650,700nm に有意な違いが認められた。‘ジョナゴールド’では萌芽 3 日前の測定において 950 と 1050 nm でも有意な違いが認められた。

4) リンゴ樹の芽が花芽か葉芽かを可視から近赤外域の分光計測によって萌芽前に非破壊的に見分ける方法について検討した。花芽と葉芽の測定データの中で、近赤外域の測定値に違いが認められた。計測値の統計処理方法を検討した結果、萌芽 3 日前では k 近傍法で、正解率：75.9%、感度：86%、特異度：67%となった。この違いについて芽のクロロフィル含量を測定したところ、花芽は有意に低く、これらの分光測定値の違いにはクロロフィル含量の違いが関係していることが明らかとなった。これらの結果から、萌芽前に花芽か葉芽かを非破壊的に判別出来ることが明らかとなった。

以上の結果から、水が少ない地帯においてリンゴ樹の成長を促すためには、ハイドリテイン ES プラスの使用が有効である。また、リンゴ樹の機械的で効果的な管理のためには、可視から近赤外域の分光計測技術が有効であることがわかった。

論文審査の結果の要旨

新植後のリンゴ樹においては、新梢の発生数と成長がその後の果実生産に影響する。しかし、特に春季に降雨が少ない地帯においては、新植後の樹の成長が阻害されることが多い。そこで本研究では、このような問題を解決するためにリンゴ樹の成長に関して研究を行い、以下の結果を得たものである。

1) リンゴ樹の成長を促す管理法を明らかにするために、春に鉢に植え付けたリンゴ樹について、土壌水分、水分を保持する各種の土壌処理剤、台木がリンゴ樹の成長に及ぼす影響について研究を行った。その結果、全体的に乾燥条件においては土壌保水剤（ハイドリテイン ES プラス）がリンゴ樹の成長促進に効果が認められた。また、これらの処理が樹の成長に及ぼす影響は樹の部位によって異なる相互作用が認められた。乾燥地においてリンゴ樹を新植する場合には、土壌や灌水条件を考慮して台木と土壌処理剤を選択することが重要であることが示された。

2) 春に降雨が少ない地帯でも冬の降雪によって土壌水分が多い地帯では、降雪前にリンゴ樹を植えることが行われている。そこで降雪前に植え付けた場合の根の成長と生理的な状態について研究を行った。その結果、根は植え付け直後には伸長しないが、新根は 3 月末から発生し始めて徐々に多くなること、また、根の水分率は 3 月から、幹の水分率は 4 月から上昇し始めて新梢の成長を促進することが明らかとなった。

3) リンゴ樹の芽の生理的な状態を萌芽前に非破壊的に判別することは、リンゴ樹の管理を効果的に行うために有益である。そこで小型の分光計測器を用いて、萌芽前の芽の可視から近赤外域の分光反射（吸光）特性を計測し、成長するかしないかを予測する方法について研究を行った。その結果、主成分分析において、640、650、700nm に有意な違いが認められ、品種によって異なるが、‘宮美ふじ’では萌芽 5 日前には予測出来ることが明らかとなった。

4) リンゴ樹の芽が花芽か葉芽かを可視から近赤外域の分光計測によって萌芽前に非破壊的に見分ける方法について検討した。花芽と葉芽の測定データの中で、近赤外域の測定値に違いが認められた。計測値の統計処理方法を検討した結果、萌芽 3 日前では k 近傍法で、正解率：75.9%、感度：86%、特異度：67%となった。そして、これらの分光測定値の違いには

クロロフィル含量の違いが関係していることが推察された。これらの結果から、萌芽前に花芽か葉芽かを非破壊的に判別出来ることが明らかとなった。

このように本研究は、1)乾燥地帯においてリンゴ樹の成長を促進するためには、生産者はどれくらい灌水出来るかによって台木や土壌処理剤を選択すべきであり、土壌保水剤の使用が有効であること、2)降雪前に樹を植え付けた場合は、根は3月から成長し始めて樹の成長を促進すること、3)リンゴ樹の機械的で効果的な管理には、可視から近赤外域の分光計測によって芽の成長や特性を非破壊的に予測する技術が有効であることを明らかにした。これらの結果は乾燥地帯におけるリンゴ樹の管理に役立つものである。

以上の結果から、本審査委員会は、「岩手大学大学院連合農学研究科博士学位論文審査基準」に則り審査した結果、本論文を博士（農学）の学位論文として十分価値のあるものと認めた。

学位論文の基礎となる学術論文

主論文

1. Botirov A., Arakawa O., Root growth changes in the winter planting of young ‘Miyabi Fuji’ apple trees, *International Journal of Horticultural Science and Technology*, Vol., 8, No. 3, pp227-233 (2021)