

リンゴ‘ふじ’の花芽分化期と 花芽分化に及ぼす光と温度の影響

長内 敬明・岡本 道夫¹⁾・小原 信実
青森県りんご試験場

The Time of Flower Bud Initiation and the Effects of
Light and Temperature on the Development of Flower
Buds in an Apple Cultivar ‘Fuji’

Yoshiaki OSANAI, Michio OKAMOTO, Nobumi OBARA

Aomori Apple Experiment Station
Kuroishi, Aomori, 036 - 03, Japan

目 次

I 緒 言	161
II 試 験 方 法	
1. 花芽分化期	161
2. 花芽分化に影響を与える遮光時期	161
3. 花芽分化に影響を与える温度	162
III 試 験 結 果	
1. 花芽分化期	162
2. 花芽分化に影響を与える遮光時期	162
3. 花芽分化に影響を与える温度	163
IV 考 察	
1. 花芽分化期	163
2. 遮光と花芽分化	164
3. 温度と花芽分化	164
V 適 要	165
引 用 文 献	165
Summary	167
写 真 図 版	169

I 緒 言

リンゴ‘ふじ’の本県における生産量は年々増加傾向にあり、1988年には全体の51.2%を占めるにいたった(1)。りんごの花芽分化期に関する本県での研究は、後沢・福島(2)によって行なわれて以来ほとんどなく、現在の主要品種である‘ふじ’の花芽分化期については未解明であった。花芽分化期を明らかにすることは、今までよりも早く翌年の生産量の予測ができ、また隔年結果の防止のために早急な対策を講じることができるなど重要なことである。また近年は異常気象が頻発しており花芽分化にとって好適な気象条件が毎年続くとは限らない。そういったなかで、花芽分化にとって不利な気象条件下におかれた場合でも、花芽分

化期を知ることにより花芽不足を最小限度に食い止めるような栽培的な技術対応が可能となる。実際花芽の多少は翌年のリンゴ生産にとって大きな影響を及ぼし(3)、安定した花芽形成は収量を構成する重要な要因となっている。本報告は‘ふじ’の花芽分化期の調査と、花芽分化に影響を与える気象的な要因に関する試験結果をとりまとめたものである。

本報の御校閲の労をとられた青森県りんご試験場長一木茂氏、同次長山田雅輝氏、さらに英文摘要の御校閲をいただいたMiss Diane Swartzen-druberに深謝の意を表す。

II 試 験 方 法

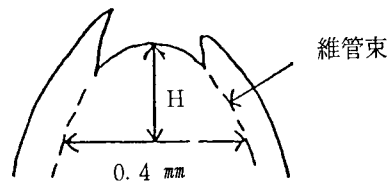
1. 花芽分化期

供試樹は、場内に栽植されている‘ふじ’/マルバ台30年生のものを6樹使用した。材料は、1984年、1985年、1986年の3か年間、6月中旬以降約5日おきに1年枝上の芽（副芽を除く短果枝）を10~20芽ずつとったものを用い、これを脱気後FAAにて固定しておき、適宜取り出して水洗い後凍結ミクロトームで芽の縦断切片を作った。切片はメチルグリーンで染色後芽の内部の生長点部分の隆起量を150倍で検鏡し測定した。この隆起量がある一定値（第1図のように維管束間の幅が0.4 mmの線から生長点までの高さHが0.15 mm）以上になった時を分化初期とし、このものの割合が全体の50%を越えた時期を分化の最盛期とみなし、これを分化期（以下花芽分化期という）とした。

2. 花芽分化に影響を与える遮光時期

7~10年生の‘ふじ’/M.26台を各区5樹供試し、1984年、1985年には6、7、8月の各月ごとに遮光率50%程度の黒寒冷紗を一重で樹全体を被覆した。1986年と1987年には遮光率を更に高めるために同じ黒寒冷紗を二重にして被覆した。そ

の際の実際の遮光率は第1表に示すように一重の場合は55%、二重の場合75%~80%であった。花芽率は処理後の翌春に各樹の頂芽の開花数を調査して行った。



第1図 生長点の隆起量の測定方法

注) H=0.15 mmの時を分化初期とする。

第1表 各遮光区における遮光率(%)

寒冷紗 枚数	調 査 月 日	天 候	対照区 (x100 Lux)	遮光区 (x100 Lux)	遮光率 (%)
1	59.7.1	晴れ	821	373	55.0
2	61.6.30	曇り	250	52	79.2
2	8.23	晴れ	880	220	75.0

3. 花芽分化に影響を与える温度

りんご試人工気象室を用いて、1985年には約60リットル容ポットに植えた4年生の‘ふじ’/M.26台に、1986年には同様の5年生の‘ふじ’/M.26台に次のような温度処理をして翌年の花芽率を見た。

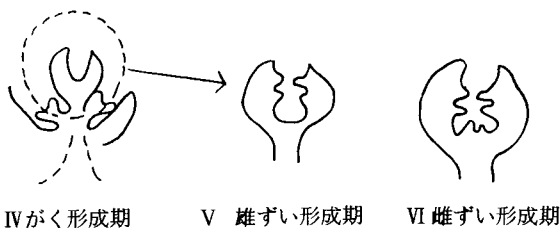
処理温度は、①12℃(夜温)~20℃(昼温)、②17℃~25℃、③22℃~30℃の3区とし、7月の1か月間処理を行なった。花芽率は翌春4月に調査した。

III 試験結果

1. 花芽分化期

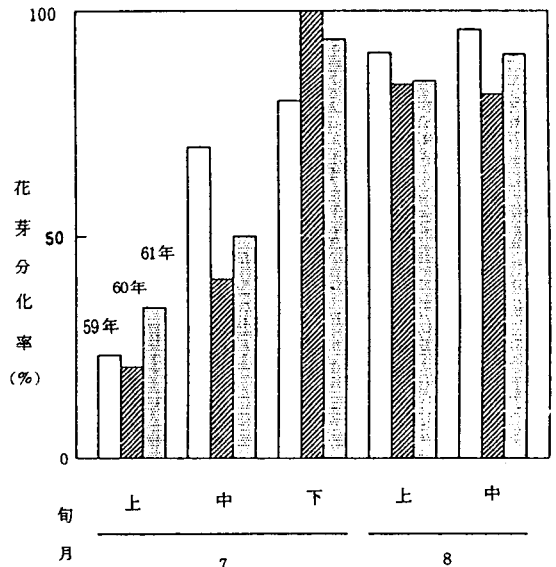
‘ふじ’の花芽の発育過程を調査した結果を後沢・福島(12)の方法により分類し、第2図及び写真図版に示した。

6月から7月にかけては生長点部分は平らである(第2図-I, 未分化期)。7月中旬ころから生長点部分が盛り上がり始める(第2図-II, 分化初期)。7月から8月にかけてこの盛り上がりさらに大きくなり、8月下旬ころには中心花の横に側花の原基が分化してくる。9月上~中旬には中心花の根元がくびれ始める(第2図-III, 花器初生突起期)。9月中、下旬にはさらにこのくびれが大きくなり先端が角状になる(第2図-IV, かく形成期)。10月中、下旬ころには花卉の原基の下に雄ずいの原基ができる(第2図-V, 雄ずい形成期)。11~12月ころには雄ずいの下に雌ずいの原基がつくられる(第2図-VI, 雌ずい形成期)。年内にはここまで分化が進むが、年を越して春になると花粉、胚珠、卵細胞などがつくられる。こういった一連の変化が花芽分化の過程である。



第2図 花芽の分化過程

以上から、‘ふじ’の花芽分化期は、年によって若干の差はあるものの第3図に示すとおり7月上旬の平均が25.3%、中旬が53.3%、下旬が91.5%となり、50%を越えた時期は7月中旬であった。つまり、II(分化初期)の状態のものが調査個体のうちで半数以上になった時期はほぼ7月中旬で、7月下旬にはほとんどのものが分化初期を経過した状態であった。



第3図 ふじの時期別花芽分化率

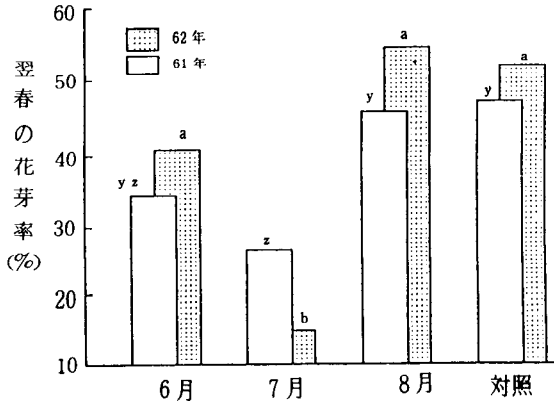
2. 花芽分化に影響を与える遮光時期

1984年及び1985年に50%遮光の処理をした木の翌年の花芽率は1984年は処理区が2%から11%であるのに対して対照区も12.7%で差がなく、1985年も処理区が60%から70%台であるのに対して対照区も68.3%と有意な差がなかった(第2表)。

第2表 遮光率50%処理下における‘ふじ’の月別遮光処理と翌春の花芽率(%)

処理年次	6月遮光	7月遮光	8月遮光	対照	F
59年	2.3	4.4	11.1	12.7	n. s
60年	68.5	73.8	70.7	68.3	n. s

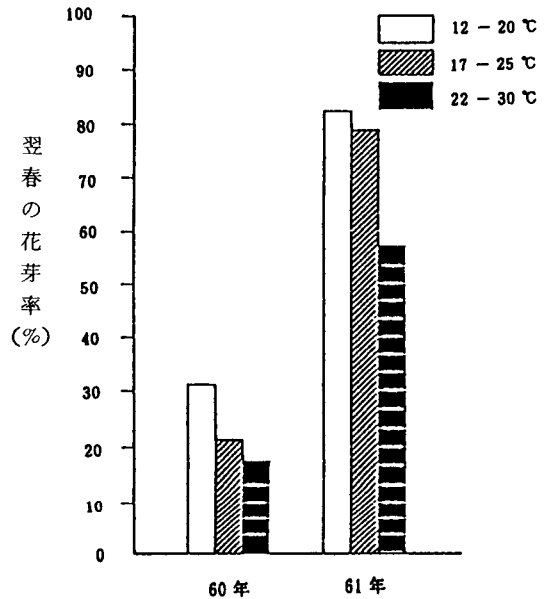
そこで1986年, 1987年は黒寒冷紗を2重にして遮光率を高くした結果, 処理翌春の花芽率は1986年の6月処理区が34.0%, 8月処理区が45.5%, 対照区が46.8%であったのに対して, 7月遮光区が26.4%と最も低かった。1987年は6月処理区が41.0%, 8月処理区が54.9%, 対照区が52.1%であったのに対して, 7月処理区が15.3%と2か年ともに最も低く, ついで6月遮光区が低かったが, 8月遮光区と対照区はほとんど同じであった(第4図)。



第4図 ふじの月別遮光処理と翌春の花芽率
図中の異なるアルファベットは有意差 (P = 0.05) を示す。

3. 花芽分化に影響を与える温度

第5図に示すように, 1985年には最も温度の低い処理区12℃(夜温)~20℃(昼温)の花芽率が31.3%と最も高く, 次ぎに17℃~25℃の22.0%, 最も低かったのは22℃~30℃の17.8%であった。1986年も低温区が82.4%と最も高く, 高温区は57.7%と最も低かった。つまり1985年, 1986年ともに処理温度の低いほど花芽率は高かった。



第5図 ふじにおける温度処理と花芽率

IV 考 察

1. 花芽分化期

後沢・福島(12)が1947年と, 1948年に数種のリンゴ品種について分化期を明かにしたが, それによると‘旭’が7月上旬中旬, ‘祝’が7月中下旬, ‘国光’が7月下旬, ‘ゴールデンデリシャス’

が8月上旬, ‘デリシャス’と‘紅玉’が8月中下旬であった。これに対して本研究では‘ふじ’は7月中旬とみなされた。1972年, 富山県農試の河崎(7)が行なった‘ふじ’の花芽分化時期の調査では7月20日に初めて分化初期のものがみられ,

本研究のものより約10日遅くなっている点が異なっている。

花芽分化期の調査方法は、多くの研究者がりん片はく皮法によって行なっているが、本研究は生長点の隆起量を測定して、ある一定値以上（維管束の幅が0.4mmの線から生長点までの高さが0.15mm以上）になったときを分化初期とした。りん片はく皮法では調査をする人の主観が入りやすいの比べ、本研究で行った調査方法は数値化しやすいことから、より客観的な方法と思われる。

2. 遮光と花芽分化

一般に遮光をすることにより翌年の花芽が減少すると言うのはよく知られており、PROCTORら(8)の報告もある。さらに遮光率が高まると花芽が減少することもJACKSONら(6)、TROMP(10)によって立証されている。

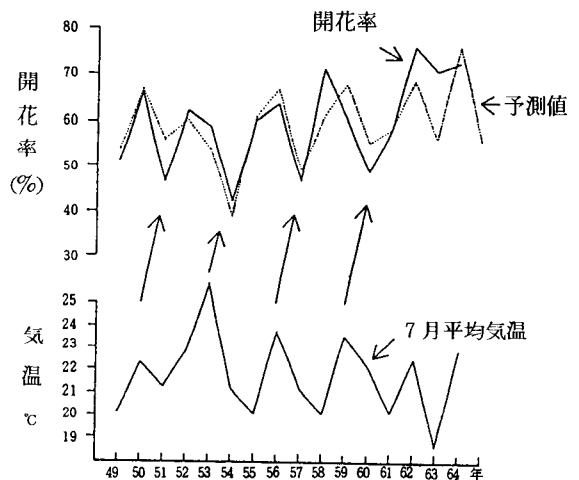
また、我々は、約25% Full-sunで試験を行なったが、30% Full-sunが花芽形成の限界いき値とするHEINICKE(5)の説からみると遮光の程度は妥当なものであったと考えられる。ではいつの時期の遮光が花芽形成を抑制するのかというと、本研究では、7月の遮光が最も抑制し、次に6月遮光で8月遮光と対照区はほぼ同等であった。この結果と同様な成績は、CURTら(3)の生育後期の遮光は翌年の花芽には影響しないというものである。また、りんご試験場(2)が6月から9月まで、各月ごとによしずで遮光した‘国光’を用いた試験では時期の早い遮光ほど分化率が劣った。いずれにしても、遮光は花芽形成には抑制的であり、‘ふじ’では生育前半特に7月の遮光が花芽形成には抑制的であった。

3. 温度と花芽分化

温度と花芽分化について、TROMP(9, 10)は‘コックスオレンジ’では低めの温度ほど分化率が高く、福井ら(4)は‘スパータン’と‘旭’について加温処理により分化率を低下させたことを報告している。青森県では斉藤(11)が‘紅玉’について、6月下旬の気温較差が大きいほど、また7月

中旬の最低気温が低いほど花芽が良好であったと報告している。緒言で述べた通り‘ふじ’の花芽分化に関する研究はこれまでなかったが、本研究結果から、‘ふじ’についても7月の低温が花芽分化率を高めるといふこれまでの報告と同様な結果が得られたことになる。

さらに本試験を裏付ける資料としては第6図に1974年から1989年までの7月の平均気温と花芽分化率(翌年の開花率)との関係をあげた。この図をみると開花率の低い1976年、1979年、1982年、1985年などは、前年の7月の気温が高い傾向にあることがわかる。ちなみに7月の平均気温と翌年の開花率の間にはかなり高い相関がみられ、おおむね直線で回帰できる(相関係数 $r = 0.777^{**}$, 回帰式 $Y = -4.67X + 163$, Y : 翌年の開花率 X : 今年の7月の平均気温)。回帰式よりその予測値を求め、第6図に点線で示したが、実測値とよく近似しているのがわかる。ここで用いた開花率は青森県下の開花結実調査の結果で、気温はりんご試の観測値を用いた。ちなみに1989年の開花率は、1988年7月が低温であったことが原因とみられ、平年値の58.2%を大きく上回って72.6%と良好であった。



第6図 ふじにおける開花率と7月の気温との関係

V 摘 要

1. ‘ふじ’の花芽分化期を知るために6月中旬以降約5日おきに芽の縦断切片をつくり芽の生長点部分の隆起量を測定した。この隆起量がある一定値（維管束間の幅が0.4 mmの線から生長点までの高さが0.15mm）以上になった時を分化初期とし、このものの割合が全体の50%を越えた時期を分化最盛期とした。この基準によると、分化最盛期は7月中旬であった。

2. 1984年及び1985年の6, 7, 8月の各月ごとに遮光率50%程度の黒寒冷紗を用い、一重で木全体を被覆して遮光し、翌年の花芽率に対する影響を調査した。その結果いずれの処理区でも花芽分化

に影響はみられなかった。1986年と1987年には黒寒冷紗を二重にして遮光率を75%程度にした実験を行なった結果、7月に遮光したときの花芽率が最も低かった。

3. 人工気象室を利用して処理温度①12℃(夜温)～20℃(昼温), ②17℃～25℃, ③22℃～30℃の3区を設定し、7月の1か月間処理した結果、温度の低いほど花芽率は良いことがわかった。

4. 以上のことから、‘ふじ’の花芽分化期は7月中旬であり、この時期に日射量が多く、気温が低い程翌年の開花率が良いことがわかった。

引用文献

1. 青森県農林部りんご課(1990)平成2年りんご指導要項 生産編. 25.
2. 青森県りんご試験場(1957)業務年報. 118-126
3. CURT R. R. and D. C. FERREE (1986) The influence of fruiting and shading of spurs and shoots on spur performance. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 111: 352-356.
4. 福井博一・増田哲男・今河 茂・田村 勉(1983)リンゴの花芽分化に及ぼす果実発育期の温度の影響. 北大農邦文紀, 14: 159-165.
5. HEINICKE, D. R. (1963) The microclimate of fruit trees: II. Foliage and light distribution patterns in apple trees. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 83: 1-9.
6. JACKSON, J. E. and J. W. PALMER (1977) Effects of shade on the growth and cropping of apple trees: II. Effect on Components of yield. J. Hort. Sci., 52: 253-266.
7. 河崎 進(1985)リンゴ「ふじ」の高品質安定生産に関する研究, 第3報リンゴ「ふじ」の頂芽及び花芽形成に関連する二, 三の栽培要因. 富山農試研報, 16: 6-13.
8. PROCTOR J. T. A. and A. D. CROWE (1983) Response of apple growth and flowering to shade and ground covers. Hort Science, 18 (3): 470-472.
9. TROMP J. (1976) Flower bud formation and shoot growth in apples as affected by temperature. Scientia Hort., 5: 331-338.
10. TROMP J. (1984) Flower bud formation in apple as affected by air and root temperature, air humidity, light intensity, and day length. Acta Hort.,

149 : 39 - 47 .

11. 斉藤泰司 (1952) 農学体系園芸部門リンゴ編 : 57 - 61 養賢堂, 東京 .
12. 後沢憲志・福島住雄 (1950) リンゴ主要品種の花芽分化期について . 園学雑, 19 : 125 - 133 .
13. 山谷秀明 (1987) 花芽分化と気象 . 青森農業, 38(8) : 23 - 25 .

The Time of Flower Bud Initiation and the Effects of Light and Temperature on the Development of Flower Buds in an Apple Cultivar ‘Fuji’

Yoshiaki OSANAI, Michio OKAMOTO and Nobumi OBARA

Aomori Apple Experiment Station
Kuroishi, Aomori, 036-03, Japan

Summary

1. Ten to twenty apical buds were sampled from cv. Fuji about every 5 days from mid June to November in 1984 to 1986. Each bud was cut into longitudinal sections by a freezing microtome. The sections were stained with methyl green. Out of these sections, a medium section was chosen to observe the configuration of apical meristem under a microscope. The observations documented that the transformation of apical vegetative meristem to reproductive meristem begins in the middle of July.

2. The effects of reduced light intensity in relation to time on the flower bud formation of cv. Fuji was studied from 1984 to 1987. Using a black screen, natural light intensity was reduced to 50 % in 1984 and 1985 and 25 % in 1986 and 1987. Under these conditions on M. 26 were kept for one month. Five trees were used for each treatment during June, July and August.

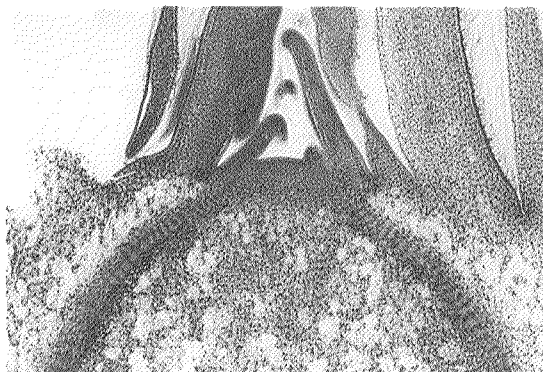
Results were compared to those observed in the trees kept under natural conditions. Although the flower bud formation was not affected by the 50 % reduction, irrespective of the months, it was greatly inhibited by the reduction to 25 % in July.

3. The effects of temperature conditions on the flower bud formation was studied in 1985 and 1986. Four - to five - year old trees of cv. Fuji on M. 26 rootstock were used. They were exposed during July under one of three levels of daily temperature cycles, i. e. 12°C to 20°C, 17°C to 25°C, and 22°C to 30°C, at night to day, respectively.

The results indicated that the flower bud formation was stimulated at lower levels of temperature.

4. The correlation between the mean temperature in July and the proportion of flowering buds was calculated for an 16-year period from 1974 to 1989. It was significant at the 5 % level.

The proportion of flowering buds tended to increase with the decrease of temperature in July.



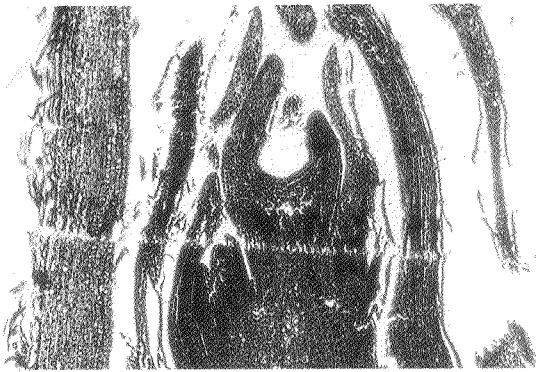
I 未分化期



II 分化初期



III 花器初生突起期



IV がく形成期



V 雄ずい形成期



VI 雌ずい形成期

1910
1911
1912
1913
1914
1915
1916
1917
1918
1919
1920
1921
1922
1923
1924
1925
1926
1927
1928
1929
1930
1931
1932
1933
1934
1935
1936
1937
1938
1939
1940
1941
1942
1943
1944
1945
1946
1947
1948
1949
1950
1951
1952
1953
1954
1955
1956
1957
1958
1959
1960
1961
1962
1963
1964
1965
1966
1967
1968
1969
1970
1971
1972
1973
1974
1975
1976
1977
1978
1979
1980
1981
1982
1983
1984
1985
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
2019
2020
2021
2022
2023
2024
2025

1910
1911
1912
1913
1914
1915
1916
1917
1918
1919
1920
1921
1922
1923
1924
1925
1926
1927
1928
1929
1930
1931
1932
1933
1934
1935
1936
1937
1938
1939
1940
1941
1942
1943
1944
1945
1946
1947
1948
1949
1950
1951
1952
1953
1954
1955
1956
1957
1958
1959
1960
1961
1962
1963
1964
1965
1966
1967
1968
1969
1970
1971
1972
1973
1974
1975
1976
1977
1978
1979
1980
1981
1982
1983
1984
1985
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
2019
2020
2021
2022
2023
2024
2025

1910
1911
1912
1913
1914
1915
1916
1917
1918
1919
1920
1921
1922
1923
1924
1925
1926
1927
1928
1929
1930
1931
1932
1933
1934
1935
1936
1937
1938
1939
1940
1941
1942
1943
1944
1945
1946
1947
1948
1949
1950
1951
1952
1953
1954
1955
1956
1957
1958
1959
1960
1961
1962
1963
1964
1965
1966
1967
1968
1969
1970
1971
1972
1973
1974
1975
1976
1977
1978
1979
1980
1981
1982
1983
1984
1985
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
2019
2020
2021
2022
2023
2024
2025