

Jednym z czynników decydującym o wysokości i jakości plonu malin są warunki pogodowe. W latach prowadzenia badań były one zróżnicowane. Rok 2012 charakteryzował się najniższymi i najwyższymi temperaturami średnimi, minimalnymi i maksymalnymi powietrza. Temperatura średnia powietrza od kwietnia do października włącznie wynosiła 8,9°C i była wyższa o 0,4°C od średniej z wielolecia. Był to rok z największą liczbą dni bardzo mroźnych, mroźnych, gorących i upalnych. W klasyfikacji Skowery i Puły został uznany jako rok „dość suchy”, z opadami w okresie wegetacyjnym na poziomie 369,4 mm, mniejszymi o 60,6 mm w porównaniu do opadów z wielolecia. W 2012 roku ciepły styczeń przebudził maliny, a następnie mroźny luty przyczynił się do wymarznienia części roślin, a wiosną do nierównomiernych wschodów malin. Wyjątkowo ciepłe lato ze średnią temperaturą powietrza w lipcu na poziomie 22,6°C wyższą o 3,8°C od średniej temperatury powietrza z wielolecia, oraz małymi opadami deszczu (33,8 mm) niższym o 52,5 mm od średnich opadów z wielolecia, skutkowało niskimi plonami i wysokimi stratami w plonie spowodowanymi poparzeniami słonecznymi owoców, oraz zasychaniem owoców.

W opinii Paszko [2013] był to już kolejny niekorzystny sezon dla producentów malin. Wiele niezależnych od siebie czynników spowodowało taką sytuację tzn. mroźna zima, która sprawiła poważne uszkodzenia pędów na wielu plantacjach, zwłaszcza na krzewach odmiany Polka, później zbyt wysokie temperatury w okresie kwitnienia, szczególnie odmian jesiennych. W okresie dojrzewania i tak trudną już sytuację pogorszyły duże wahania temperatur w krótkim okresie. Efekt był taki, że owoców było mało, wiele z nich słabo zapylnych, przez co powstawały owoce zdeformowane, małe, nierównomiernie wypełnione, z widocznymi poparzeniami.

Rok 2013 charakteryzował się średnią temperaturą powietrza 8,9°C, wyższą o 0,4°C od średniej z wielolecia. Według klasyfikacji Skowery i Puły rok 2013 uznany został jako „dość suchy” z opadami na poziomie 381,4 mm, mniejszymi o 48,6 mm od średniej z wielolecia. W 2013 roku po zimnym styczniu w lutym nastąpiło ocieplenie, co skutkowało przebudzeniem się malin do wzrostu. zimny marzec przyczynił się uszkodzeń mrozowych na pędach. Ciepła i bardzo wilgotna wiosna sprzyjała wzrostowi roślin. Lato z suchym lipcem i skrajnie suchym sierpniem negatywnie wpłynęło na wzrost i dojrzewanie owoców.

Malina jest gatunkiem o dużych potrzebach wodnych, wrażliwym na niedobór wody w glebie, zwłaszcza w okresie kwitnienia i dojrzewania owoców. Nawet krótkotrwałe okresy suszy wpływają negatywnie na wzrost i owocowanie maliny [Rebandel i in., 1992; Treder i in., 1993; Koszański, Rumasz-Rudnicka, 2008; Klamkowski i in., 2015].

Stres spowodowany suszą prowadzi do szeregu fizjologicznych i biochemicznych zmian w organizmie roślinnym. W wyniku hamowania wymiany gazowej, a więc i asymilacji CO<sub>2</sub>, dochodzi do redukcji syntezy cukrów. Zmiana dystrybucji substancji pokarmowych powoduje konieczność ograniczenia energochłonnych procesów wzrostu, a w skrajnych przypadkach nawet rozwoju generatywnego. Zahamowanie wzrostu, obniżenie wielkości plonu, a czasem również pogorszenie jego jakości było obserwowane w warunkach niedoboru wody u różnych gatunków roślin uprawnych [Treder, Czynczyk, 1997; Singer i in. 2003; Rolbiecki, Rolbiecki, 2012; Klamkowski i in., 2015; Rzekanowski i in., 2013], w tym maliny [Stoll i in., 2002; Morales i in., 2013].

Rok 2014 charakteryzował się średnią temperaturą powietrza 9,5°C wyższą o 1,4°C od średniej temperatury powietrza z wielolecia. Według Skowery i Puły był to rok „dość wilgotny” z opadami deszczu na poziomie 559 mm, wyższymi o 129 mm od średniej ilości opadów z wielolecia. W 2012 roku zima była krótka a wiosna bez większych przymrozków. Ciepła wiosna i dość ciepłe lato z wysokimi opadami sprzyjały wzrostowi malin, co skutkowało uzyskaniem najwyższych plonów w trzyletnim okresie badań.

Według Mizak i wsp. [2012] woda a tym samym opady atmosferyczne są podstawowym elementem środowiska, wykorzystywanym w każdej działalności człowieka. Jej dostępność warunkuje możliwość prowadzenia produkcji roślinnej jak i zwierzęcej. O stabilność plonowania roślin uprawnych decydują w znacznym stopniu warunki wodne, a jednym z głównych źródeł ryzyka w produkcji rolniczej jest duża zmienność sum opadu atmosferycznego w poszczególnych latach

Pomiary temperatury oraz wilgotności powietrza prowadzone są od ponad dwóch stuleci. Największe i najistotniejsze zmiany temperatury powietrza zachodzą z reguły w przygruntowej warstwie powietrza od 0 do 150-200 cm nad gruntem. Informacje o średnich i ekstremalnych temperaturach powietrza w w/w warstwie są istotne ze względu na plonowanie i prognozowanie plonów roślin uprawnych (uprawy rolnicze, ogrodnicze i przemysłowe, gospodarka leśna), ponieważ ich główna masa znajduje się w tej warstwie. Duże i nagłe zmiany temperatury są niekorzystne dla roślin. Do zjawisk korzystnych

należy zaliczyć reakcję roślin na niewielkie dobowe wahania temperatury powietrza, które określono jako termoperiodyzm. Z tego względu analiza warunków termicznych panujących w przygruntowej warstwie powietrza ma istotne znaczenie praktyczne [Skiba, Kołodziej, Cichoń 2009; Kołodziej, Liniewicz, Samborski 1985].

Analizując tabele i wykresy stratyfikacji termicznej i wilgotnościowej na plantacji malin w trakcie pogody wyżowej stwierdzono powtarzające się zależności:

1. Niezależnie od roku badań, w okresie z pogodą wyżową w ciągu dnia, najwyższe wartości temperatury powietrza notowano na powierzchni łąnu malin (100cm nad gruntem) na poletkach o zagęszczeniu zredukowanym o 40% , a najniższe wartości temperatury powietrza występowały na wysokościach 50cm i 100cm nad gruntem na poletkach o zagęszczeniu zredukowanym o 70%.
2. Analizując porę dnia występowania wartości ekstremalnych temperatury powietrza, w godzinach popołudniowych, najwyższe wartości temperatury powietrza notowano na powierzchni łąnu malin (100cm nad gruntem), a najniższe wewnątrz łąnu przy powierzchni gruntu (5 cm). Rano i wieczorem była odwrotność, najcieplej na wysokości 5cm i najchłodniej 100cm nad gruntem.
3. Wraz ze wzrostem wysokości pomiaru w łąnie malin oraz wzrostem redukcji zagęszczenia pędów malin w rzędach, wzrasta wartość średnia oraz maksymalna temperatury powietrza.
4. Wraz ze wzrostem wysokości pomiaru w łąnie malin oraz wzrostem redukcji zagęszczenia pędów malin w rzędach, wartość temperatury minimalnej obniża się.
5. Przebieg wilgotności względnej powietrza podczas pogody wyżowej, charakteryzował się postępującym obniżeniem od godziny 8:00 do 16:00, po czym następował wzrost do godzin nocnych. Spadek wilgotności względnej powietrza w dzień spowodowany był wzrostem temperatury powietrza, a tym samym spadkiem nasycenia powietrza parą wodną.

Roguski i in. [2004], Kołodziej i in. [1989] oraz Bokwa [2001] badając termikę przyziemnej warstwy powietrza wykazali, że w badanych siedliskach (roślinność niska łąkowa lub jej brak) różnica między temperaturą maksymalną i minimalną na wysokości 50cm była większa niż na wysokości 200cm. W okresie wegetacyjny w Bydgoszczy temperatura na wysokości 50cm między godziną 7:00 i 17:00 średnio była wyższa niż na wysokości 200cm- nagrzana gleba oddawała ciepło. W pozostałych godzinach w ciągu doby górna analizowana warstwa powietrza była cieplejsza od dolnej. Sytuacja taka występuje, ponieważ największą ilość ciepła otrzymuje powierzchnia Ziemi w godzinach

południowych, gdy wysokość Słońca nad horyzontem jest największa [Wołoszyn 2009]. Najwyższe wartości temperatury powietrza występują między 14:00-16:00 godz. czasu miejscowego, a najniższe po wschodzie Słońca. Przesunięcie dobowego maksimum temperatury wynika stąd, iż mimo malejącej wysokości Słońca nad horyzontem dopływ energii przewyższa jej utratę.

W przypadku analizowanej plantacji malin najwięcej energii cieplnej w dzień otrzymała najwyższa część łąnu, przepuszczając w głąb zredukowane ilości ciepła. W szacie roślinnej zachodziło wielokrotne odbicie i rozproszenie promieniowania słonecznego. Promienie odbite przez jedno liście mogą być pochłonięte przez inne. Promieniowanie odbite maleje wraz z głębokością szaty roślinnej. Natomiast w nocy, powierzchnia gruntu ogrzana podczas dnia, oddawała ciepło dolnym częściom łąnu maliny.

Natężenie przychodu energii słonecznej do powierzchni gleby zależy od gatunku i fazy rozwojowej roślin, warunkujących z kolei wysokość i zwartość łąnu. Powierzchnia gleby bez roślin pochłania w majowe południe średnio 70% energii mierzonej na wysokości 150cm nad powierzchnią gleby. Stosunkowo dużo promieni słonecznych przepuszcza wówczas do powierzchni gleby łąn jęczmienia jarego (ok. 50% w południe); znacznie mniej, bo tylko ok. 10%, łąn żyta ozimego w pełni rozwoju. Tworzące w tym okresie gęsty kobierzec, dobrze wykształcone i rozwinięte liście koniczyny tak szczelnie okrywają glebę, że promieniowanie słoneczne zatrzymywane jest niemal w całości i nawet w godzinach popołudniowych do powierzchni gleby dociera zaledwie 2% energii [Bac i in, 2012].

Analizując tabele i wykresy stratyfikacji termicznej i wilgotnościowej na plantacji malin w trakcie pogody niżowej stwierdzono powtarzające się zależności:

1. Wysokość pomiaru i stopień redukcji zagęszczenia łąnu maliny nie wpływa znacząco na wartości temperatury średniej, minimalnej i maksymalnej powietrza.
2. Niezależnie od roku badań, w ciągu dnia, najniższe wartości wilgotności względnej powietrza notowano na powierzchni łąnu malin (100cm nad gruntem), natomiast najwyższe wartości notowano takie same na każdej wysokości pomiarowej i w każdym stopniu zagęszczenia łąnu malin.
3. Na wilgotność względną wpływ miało zagęszczenie łąnu. Największe różnice wartości średniej wilgotności względnej między zagęszczeniem naturalnym

a zredukowanym o 70% zaobserwowano przy pomiarze na wysokości 5cm nad powierzchnią gruntu, wynosiła ona 0,6% w roku 2014.

Przyczyną różnic w przebiegu dziennym temperatury, wilgotności powietrza oraz układu pionowego w różnych siedliskach jest m.in.: rodzaj gleb i ich uwilgotnienie, rodzaj i gęstość roślinności, typ pogody jaki panuje w danym momencie, które wpływają na rozwój roślin i wielkość ewapotranspiracji, powodując obniżenie temperatury (maksymalnej i minimalnej) powietrza i gleby oraz wzrost wilgotności względnej. Pionowy układ temperatury powietrza był najbardziej zróżnicowany w suchych siedliskach na glebach mineralnych, a znacznie mniej w siedliskach dolinowych wilgotnych. Szczególnie duże różnice w przebiegu temperatury w poszczególnych siedliskach na wysokości 2,0m i 0,5m obserwowano w czasie dni słonecznych ciepłych i gorących, a niewielkie w dni pochmurne i chłodne. Szczególnie duże różnice w przebiegu temperatury w poszczególnych siedliskach na wysokości 2 i 0,5m obserwowano w czasie dni słonecznych, ciepłych i gorących, a niewielkie w dni pochmurne i chłodne [Roguski i in. 2004, Bac in. 2012].

Malina *Rubus idaeus* L. jest jednym z ważniejszych gatunków roślin sadowniczych w klimacie umiarkowanym. Owoce maliny nadają się do bezpośredniego spożycia i na mrożonki, są też bardzo dobrym surowcem dla przemysłu przetwórczego [Wieniarska i in. 2005]. Do uprawy malin zachęca producentów duże zapotrzebowanie na owoce deserowe i te przeznaczone do przetwórstwa, niezawodność uprawy, a także szybkie wejście krzewów w okres owocowania [Danek 2009].

Niezależnie od odmiany i lat badań najwyższy plon ogólny malin 16,6 t/ha uzyskano w 2014 roku. Był to rok obfity w opady deszczu, których rozkład sprzyjał rozwojowi i wzrostowi malin. Plon ogólny odmiany 'Polana' 15,24 t/ha był istotnie wyższy od plonu odmiany 'Polka' 13,08 t/ha

Podobnie jak powyżej, w plonie handlowym malin odnotowano istotne różnice w poszczególnych latach, co było uzależnione od warunków meteorologicznych i związanych z nimi stratami w plonie. Niezależnie od odmiany i zagęszczenia najwyższy plon handlowy malin - 14,92 t/ha uzyskano w 2014 roku.

Średni procent strat w plonie malin charakteryzował się istotnymi różnicami w poszczególnych latach. Największy średni procent strat odnotowano w 2013 roku (13,74%). Odmiana 'Polka' miała istotnie większy procent strat. Straty w plonie istotnie zmniejszały się przy każdej redukcji zagęszczenia.

Dzieląc straty według czynnika powodującego powyższe straty, stwierdzono, że największe straty spowodowane były długotrwałymi opadami deszczu połączonymi z silnym wiatrem, czego efektem było rozcieranie dojrzałych owoców.

Plonowanie odmian 'Polana' i 'Polka' badano wielokrotnie w zależności od różnych zmiennych między innymi przez Mikos-Bielak [2004], Winiarską [1999], Danek [2005], Rolbickiego i in. [2005] oraz Krawca i in. [2010]. Według Mikos-Bielak [2004] największe różnice w plonowaniu stwierdziła u odmiany Polana, której rośliny kontrolne w zależności od warunków pogodowych w latach prowadzonych doświadczeń plonowały na poziomie 8,6- 11,52 t/ha, natomiast Krawiec [2010] w swoich badaniach osiągnął plon dla odmiany 'Polana' 9,52 t/ha a 'Polka' 11,6 t/ha. Baranowska i Zarzecka w swoich licznych badaniach uzyskały plony dla odmiany 'Polka' 6.25 t/ha [2014] natomiast dla odmiany 'Polana' 6,1 t/ha [2013]. Spośród badań innych autorów najwyższy plon odmiany 'Polana' 13,65 t/ha uzyskali Konopiński i Żuber [2013]. Wyniki uzyskane przez powyższych autorów są wyraźnie niższe w porównaniu z badaniami własnymi. Król i in. [2008] wykazały, że odmiany 'Polka' i 'Polesie', niezależnie od roku badań, wydawały najwyższy plon wśród odmian jesiennych, dlatego mogą być polecane do uprawy w Polsce.

Na podstawie wyników badań wykazano istotne różnice w plonie ogólnym malin dla wszystkich stopni zagęszczenia łąnu. Ogólny plon malin był najwyższy przy zagęszczeniu II - 22,46 kg z poletka, 24 pędy na 1m<sup>2</sup> - redukcja o 40%, istotnie niższy przy zagęszczeniu III - 21,63 kg, 12 pędów na 1m<sup>2</sup> - redukcja o 70%, a najniższy plon malin odnotowano w ich naturalnym zagęszczeniu - 19,81 kg, 40 pędów na 1m<sup>2</sup>. Interakcja między latami badań (warunkami atmosferycznymi) i wariantami zagęszczenia wykazała, że w latach 2013-14 najwyższy plon uzyskano przy zagęszczeniu II- zredukowanym o 40%, natomiast w roku 2012 przy zagęszczeniu III, redukcja 70%

Wielu autorów prac naukowych zgodnie stwierdzili, że plonowanie maliny zależy od zagęszczenia pędów na planacji [Martin i Nelson 1986; Buskiene, Uselis 2008]. Qydrvin [1986] uznał za optymalne zagęszczenie 10 sztuk pędów owocujących na metr bieżącym rzędu. Nes i in [2008] na podstawie badań wykazali iż plon z plantacji maliny odmiany 'Glen Ample' wzrastał wraz ze wzrostem zagęszczenia pędów, ale do granicy 10 pędów na metr rzędu. Zdaniem Oliviera i in [2004, 2007] powyżej pewnej granicy występuje negatywna liniowa korelacja pomiędzy plonem, a liczbą pędów na poletku. W doświadczeniach dla odmiany powtarzającej 'Autumn Bliss' zastosowali różne zagęszczenia pędów (8, 16, 24 i 32 pędów na metr bieżący rzędu). Przy najniższym

zagęszczeniu uzyskali najwyższy plon z pędów, najlepsze nasłonecznienie i tempo asymilacji CO<sub>2</sub>. Pozostawiając 16, 24 pędy zanotowali najlepsze plonowanie malin. Podobnie Vanden Heuvel i in. [2000] przy zagęszczeniu 30 pędów na m<sup>2</sup> otrzymali najwyższą wydajność, ponadto stwierdzili, że pędy w systemie V miały znacznie dłuższe boczne pędy w części środkowej niż te rosnące w szpalerze oraz miały nieco wyższy procent paków owocowych w środkowej części pędu, a także tendencję do tworzenia pędów bocznych bardziej licznych i dłuższych w górnej (trzeciej) części pędu głównego. Te zalety dotyczące wzrostu doprowadziły do większego potencjalnego obszaru owocowania w systemie V, niż w szpalerze, ze względu na większe natężenie światła zarówno dla pędów jednorocznych jak i dwuletnich we wcześniejszej części sezonu. Dodatkowy wzrost wegetatywny obserwowany na pędach, które były zorientowane tak, by zoptymalizować rozkład światła, mógł wytworzyć dodatkowe węglowodany w roślinie, które przyczyniły się do wyższych plonów. Dostępność światła jest jednym z ważniejszych czynników warunkujących produktywność roślin. Według Buszard [1986] obniżenie współzawodnictwa pomiędzy pędami maliny przez usuwanie nadmiaru pędów zwiększa liczbę węzłów i średnicę pędów maliny. Qydrvin [1986] dowiódł, że nadmierne zagęszczenie pędów prowadzi do spadku plonu w przeliczeniu na 1 pęd oraz może mieć ujemny wpływ na wielkość owoców i wczesność ich dojrzenia.

Niezależnie od lat badań i wariantów zagęszczenia masa pojedynczych owoców odmiany 'Polka' (4,53 g) była istotnie wyższa od masy owoców odmiany 'Polana' (3,72 g) Średnia masa pojedynczych owoców malin wzrastała wraz ze stopniem redukcji zagęszczenia łąnu, większym wzrostem masy owoców charakteryzowała się odmiana 'Polana', w 2013 roku zanotowano wzrost masy pojedynczych owoców o 59,5% pomiędzy zagęszczeniem naturalnym łąnu a zredukowanym o 70%.

Zdaniem Gwozdeckiego i in. [1996] w warunkach Polski średnia masa 100 owoców malin odmiany 'Polana' wahała się od 300 do 320g. Mikos-Bielak [2004] z odmiany 'Polana' uzyskała owoce o masie 2,86 g, natomiast Heflebower i in. [2013] 2,24 g. Grajkowski i in. [2007] oraz Heflebower i in. [2013] w swoich badaniach z odmiany 'Polka' uzyskali owoce o masie 2,62 g.

W warunkach kontrolowanych, Sønsteby i in. [2012] otrzymali owoce o masie 6,2g, natomiast Zorenc i in. [2017] u odmiany 'Polka' 4,65 g.

Plonowanie malin warunkowane jest jakością pędów. Wysokość uzyskiwanych plonów malin uzależniona była od długości i średnicy pędów, liczby i siły wzrostu owocujących odgałęzień bocznych, liczby owoców na bocznych pędach owoconośnych

i wielkości owoców. Długość bocznych pędów owocujących wzrasta w kierunku od wierzchołka do podstawy pędu, podczas gdy liczba owoców na pędzie zmniejsza się [Sønsteby i in. 2009, 2009a; Lareau i in. 1990; Wright i in. 1986].

W trakcie badań nie stwierdzono istotnych różnic dla liczby odgałęzień bocznych dla obu odmian, jak również dla poszczególnych lat. Jednakże każdy stopień redukcji zagęszczenia pędów w łanie malin istotnie powodował zwiększenie liczby odgałęzień bocznych a tym samym wzrost udziału strefy owocującej w długości pędu malin.

Największy wzrost liczby odgałęzień bocznych zanotowano w 2013 roku w odmianie 'Polana' między zagęszczeniem naturalnym a zredukowanym o 70%- wzrost z 3,2 do 19,8 odgałęzień bocznych.

Pędy o większej liczbie węzłów są bardziej wydajne, w przypadku niektórych odmian malin występuje w węźle dwa lub większa ilość bocznych pędów owocujących, co zwiększa znacznie potencjał plonowania. Wielu autorów zgodnie stwierdza, że jedna trzecia długości pędu począwszy od wierzchołka stanowi 55% długości strefy owocującej pędu, zaś połowa długości pędu stanowi 78% długości strefy owocującej pędu [Gundershein i in. 1991; Lawson i in. 1983; Rebandel i in. 1987].

Według Sønsteby i in. [2013] najważniejszą cechą wpływającą na wielkość plonu z pędu jest długość bocznych pędów owoconośnych. Sprawdzalność tej cechy jest bardzo wysoka i wynosi 82%.