

Martin Penzel , Monika Möhler*

Auswirkungen von Mulch und Bewässerung auf Wachstum, Ertrag und Fruchtmasse von Süßkirschen

Impact of mulch and irrigation treatment on growth, yield and fruit mass of sweet cherry

Affiliation

Thüringer Landesamt für Landwirtschaft und Ländlichen Raum (TLLLR), Zweigstelle Lehr und Versuchszentrum Gartenbau, Erfurt.

Kontaktanschrift

Dr. Ing. Martin Penzel, Thüringer Landesamt für Landwirtschaft und Ländlichen Raum (TLLLR), Zweigstelle Lehr und Versuchszentrum Gartenbau, Leipziger Straße 75 a, 99085 Erfurt, E-Mail: martin.penzel@tlllr.thueringen.de

Zusammenfassung

In einer Versuchsanlage der Süßkirschensorte 'Bedel' (Bellise®)/Gisela 5 (Pflanzabstand: 4,25 m × 2,35 m) wurde in den Jahren 2009 – 2018 der Einfluss von Mulchabdeckungen (Ziegelbruchstücke, Rasenschnitt, Fichtenholzspäne, Gerstenstroh) des Baumstreifens und zwei Bewässerungsvarianten ohne Mulchabdeckung auf Wachstum, Ertrag und Fruchtmasse der Bäume untersucht und mit einer unbewässerten Kontrolle ohne Mulchabdeckung verglichen. Bei den bewässerten Varianten wurde die eingesetzte Wassermenge pro Baum von täglicher Bewässerung bis zur Ernte (Zellteilungs- und Steinhärtungsphase: 2 – 4 l; Zellstreckungsphase: 4 – 8 l) mit Bewässerung nach der Saugspannung des Bodens in 25 cm Tiefe (200 hPa) miteinander verglichen.

Die jährliche Niederschlagsmenge schwankte im Versuchszeitraum zwischen 340 mm und 640 mm. Die jährlich applizierte Wassermenge in den bewässerten Varianten schwankte zwischen 37 m³ ha⁻¹ und 350 m³ ha⁻¹. Durch Bewässerung nach der Saugspannung des Bodens konnte im Mittel der Jahre die Vorerntebewässerung um 24 % im Vergleich zur täglich bewässerten Variante reduziert werden, ohne Ertrag und Fruchtqualität negativ zu beeinflussen. Durch den Einsatz von Mulchabdeckungen des Baumstreifens (ohne zusätzliche Bewässerung) konnte der Ertrag im Mittel der Jahre im Vergleich zur Kontrolle um 2,4 kg pro Baum gesteigert werden, im Vergleich zu den bewässerten Varianten um 0,7 kg pro Baum. Dabei führte die Mulchabdeckung mit Rasenschnitt in vier von neun Versuchsjahren zu den höchsten Baumerträgen im Versuch.

Die Ergebnisse zeigen, dass Mulchabdeckungen des Baumstreifens ohne zusätzliche Bewässerung bei Süßkirschen im frühen Reifesegment auf einem schluffigen Boden eine Alternative zu Bewässerung sein können.

Stichwörter

organische Bodensubstanz, *Prunus avium*, Rasenschnitt, Stammdurchmesser, Stickstoff, Stroh, Tensiometer

Abstract

In an experimental orchard of the sweet cherry cultivar 'Bedel' (Bellise®)/Gisela 5 (planting distance: 4.25 m × 2.35 m), the influence of mulching the tree row (brick fragments, lawn clippings, spruce wood shavings, barley straw) as well as two different irrigation treatments on growth, yield and fruit mass of the trees was studied in the years 2009 – 2018 and compared with the performance of an unirrigated control without mulching. In the two irrigation treatments, the amount of water applied per tree was compared between daily irrigation until harvest (cell division and stone hardening phase: 2 – 4 l; cell extension phase: 4 – 8 l) and irrigation according to the soil water potential in 25 cm depth (200 hPa).

The annual precipitation varied between 340 mm and 640 mm during the trial period. The annual amount of irrigation water applied varied between 37 m³ ha⁻¹ and 350 m³ ha⁻¹. By irrigating the trees according to the soil water potential, it was possible to reduce the pre-harvest irrigation by 24 % on average over the years compared to daily-irrigated trees, without any negative effect on yield and fruit quality. By mulching the tree row (without additional irrigation), the yield could be increased by 2.4 kg per tree on average over the years compared to the control, and by 0.7 kg per tree compared to the irrigated trees. Mulching with grass clippings led to the highest yields per tree in four of the nine years.

The results show that mulching of the tree row without additional irrigation can be seen as an alternative to irrigation for sweet cherry cultivars in the early ripening segment grown on a silty soil.

Keywords

soil organic matter, *Prunus avium*, grass clippings, stem diameter, nitrogen, straw, tensiometer



(c) Der Autor/Die Autorin 2023

Dies ist ein Open-Access-Artikel, der unter den Bedingungen der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz (CC BY 4.0) zur Verfügung gestellt wird (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>).

Zur Veröffentlichung eingereicht/angenommen: 20. Februar 2023/4. Mai 2023

Einleitung

Die Verfügbarkeit von Wasser ist ein limitierender Faktor bei der Ertragsbildung von Süßkirschen, besonders in Fruchtwachstumsphasen in denen die Früchte hohe Wachstumsraten haben (Morandi et al., 2018). Der saisonale Wasserverbrauch von Süßkirschenertragsanlagen im Spindelsystem schwankt lokal zwischen 200 und 800 mm (Marsal et al., 2010; Yin et al., 2011; Juhász et al., 2013; Stachowski et al., 2021). Dieser setzt sich aus der Transpiration der Bäume und der Evaporation des Bodens zusammen, welche zusammen die Evapotranspiration ergeben. Die Evaporation des Bodens beträgt während der Saison, in Abhängigkeit der zeitlichen Dynamik der Blattfläche der Bäume, zwischen 20 % und 30 % (Li et al., 2010) der Evapotranspiration einer Anlage. Übersteigt die Evapotranspiration einer Fläche den gefallen Niederschlag, nimmt der Wassergehalt des Bodens ab. Bei abnehmendem Bodenwassergehalt bis auf 30 % der nutzbaren Feldkapazität verändert sich die Transpirationsrate von krautigen Pflanzen und Bäumen nur geringfügig (Ritchie, 1981; Sinclair et al., 2005). Bei einer weiteren Abnahme des Bodenwassergehaltes nimmt die Transpirationsrate der Blätter von Laubbäumen durch Schließen von Stomata linear dazu ab (Sinclair et al., 2005). Dadurch wird der Austausch von Wasserdampf zwischen Baum und Atmosphäre reduziert, was jedoch auch mit einer Reduktion der Assimilationsrate der Blätter einhergeht (Rieger et al., 2003). Bei verschiedenen *Prunus* Arten führte eine reduzierte Assimilationsrate der Blätter, ausgelöst durch einen reduzierten Bodenwassergehalt, nach 14 – 22 Tagen zu einer Abnahme des Triebwachstums (Jiménez et al., 2013). Eine geringe Wasserversorgung von Kirschbäumen limitiert zudem den Wassertransport über das Phloem in die Frucht, was einen Einfluss auf deren tägliche Wachstumsrate und folglich die Fruchtmasse zur Ernte hat (Morandi et al., 2018). Daher kann Zusatzbewässerung, mit dem Ziel in Perioden mit einer geringen Wasserverfügbarkeit im Boden die Wasserverluste der Evapotranspiration auszugleichen, zu einer Erhöhung der Fruchtdurchmesser (Velardo-Micharet et al., 2017) und des Ertrags (Rzekanowski & Rolbiecki, 2000; Livellara et al., 2011; Peng et al., 2013; Feldmane et al., 2019) bei Kirschen führen. Der tägliche Wasserbedarf eines Baumes wird u. a. vom Anbausystem, dem Alter einer Anlage, dem saisonalen Entwicklungsstadium der Bäume und den meteorologischen Bedingungen beeinflusst. Dabei nimmt der tägliche Wasserbedarf von Kirschbäumen während der Saison mit dem Wachstum der Blätter zu (Juhász et al., 2013) und nach der Ernte, aufgrund der Reduktion des Assimilatbedarfs des Baumes, wieder ab. Der mittlere tägliche Wasserbedarf von Süßkirschbäumen mit einem Pflanzabstand von 4,0 m × 2,0 m im fünften und sechsten Laub lag in dem Monaten Mai bis August zwischen 11 l und 26 l (Juhász et al., 2013). Das entspricht zusammen mit der Evaporation des Bodens einem mittleren täglichen Wasserverbrauch der Anlage von 1,3 – 3,2 mm.

Je nach Bewässerungsstrategie orientieren sich Häufigkeit und Höhe von Bewässerungsgaben an (1) den Erfahrungen vergangener Jahre, (2) der potenziellen Evapotranspiration einer Kultur (Li et al., 2010; Rallo et al., 2021) bzw. (3) dem Wassergehalt des Bodens (Millán et al., 2019). Weiterhin werden Bewässerungsmethoden entwickelt, die verschiedene Zustandsparameter der Bäume, die durch die Wasser-

verfügbarkeit im Boden beeinflusst werden, berücksichtigen, z. B. Änderungen im Frucht- bzw. Stammdurchmesser während des Tagesgangs (Fernández & Cuevas, 2010; Livellara et al., 2011), das Stammwasserpotenzial (Naor, 2000; Blanco et al., 2018) bzw. den Wasserstressindex der Baumkronen (Köksal et al., 2010). Da die Verfügbarkeit von Wasser zur Bewässerung jedoch häufig begrenzt ist, wird nach Möglichkeiten gesucht, bei gleichbleibenden Erträgen und Fruchtqualitäten die Höhe und Häufigkeit von Bewässerungswassergaben zu reduzieren (Marsal et al., 2010). Niedrige Bewässerungsgaben, äquivalent zu 50 % der potenziellen Evapotranspiration, führten dabei zu einer höheren Bewässerungswassernutzungseffizienz als hohe Bewässerungsgaben die 100 % der potenziellen Evapotranspiration entsprachen (Blanco et al., 2019). Zudem ist beim Einsatz von Tropfschläuchen zur Bewässerung die Wassernutzungseffizienz höher als bei flächiger Bewässerung mit Mikrosprinklern (Yin et al., 2011, 2012). Auf sandigen Böden hatten mehrmals täglich bewässerte Kirschbäume höhere Erträge als jeden zweiten Tag bewässerte Bäume bei der gleichen saisonal ausgebrachten Wassermenge (Neilsen et al., 2014), was auf eine höhere Menge an täglich verfügbarem Wasser im Boden zurückgeführt wurde. Die Wasserverfügbarkeit hat zudem einen Einfluss auf die horizontale und vertikale Verteilung des Wurzelsystems von Obstbäumen (Levin et al., 1979). Das Wurzelsystem von unregelmäßig bewässerten Bäumen ist dabei weiter ausgedehnt als das von regelmäßig bewässerten Bäumen. Auf sandigen Böden bilden Obstbäume außerdem tiefere Wurzelsysteme als auf schluffigen Böden (Fernandez et al., 1995). Auf Böden die in ihrer Zusammensetzung heterogen sind (Penzel et al., 2023) können somit auch Unterschiede in der Wurzeltiefe von Kirschen innerhalb eines Schlagtes auftreten (Tsoulialis et al., 2022). Durch die Anpassung des Wurzelsystems an die Bodenart können Bäume auf sandigen Böden, die aufgrund der hohen Leitfähigkeit für Wasser schnell austrocknen, Wasser aus tieferen Bodenhorizonten erschließen. Bewässerung hingegen reduziert bei Obstbäumen den Anteil aufgenommenen Wassers, das aus den tieferen Bereichen der Wurzelzone stammt (Cao et al., 2018).

Mulchabdeckungen des Baumstreifens z. B. mit Stroh oder Kompost haben die Eigenschaft, die Evaporation des Bodens zu verringern (Zribi et al., 2015), was im Vergleich zum unbedeckten Boden zu erhöhten Bodenwassergehalten unter der Mulchabdeckung führte (Liao et al., 2021). Weiterhin ist die Bodentemperatur unter einer Mulchabdeckung des Baumstreifens im Frühling, Sommer und Herbst, im Vergleich zu unbedeckten Böden reduziert (Hartley et al., 1996). Ebenfalls die täglichen Temperaturschwankungen. Bei bewässerten Süßkirschbäumen führte daher eine Mulchabdeckung mit Stroh zu einem um 9,7 % verringerten Wasserverbrauch und zu erhöhten Fruchtdurchmessern im Vergleich zu Bäumen ohne Mulchabdeckung (Yin et al., 2012).

In Erfurt liegt der mittlere Jahresniederschlag bei 488 mm (2003 – 2022; Abb. 1), mit jährlichen Schwankungen zwischen 340 mm und 640 mm. Im Zeitraum Mai – August, in dem Kirschbäume den höchsten saisonalen Wasserverbrauch haben, ist die klimatische Wasserbilanz am Standort häufig negativ.

Zusatzbewässerung von Obstbäumen führt daher regelmäßig zu höheren Erträgen und einem stärkeren vegetativen

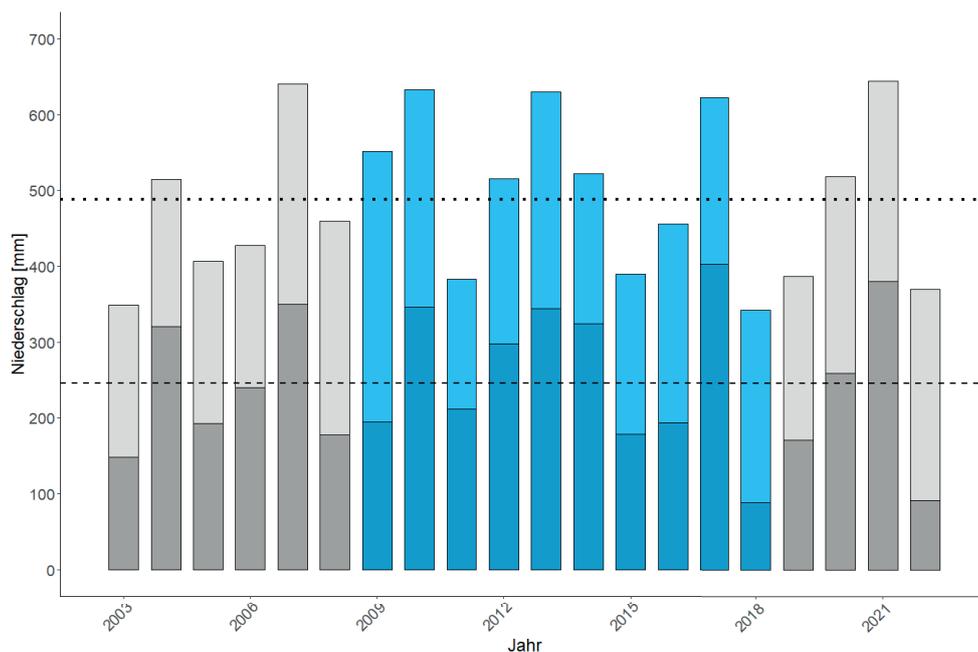


Abb. 1. Jahresniederschlag (graue und blaue Balken) und Niederschlagssumme in den Monaten Mai bis August (dunkelgraue und dunkelblaue Balken) am Standort LVG Erfurt (50.992276, 11.05706) in den Jahren 2003–2022. Die gepunktete Linie markiert den mittleren Jahresniederschlag in dem Zeitraum 2003–2022, die gestrichelte Linie die mittlere Niederschlagssumme in dem Monaten Mai–August im selben Zeitraum. Blaue Balken markieren den Versuchszeitraum.

Wachstum als bei unbewässerten Bäumen. Eine gängige Bewässerungsmethode bei Süßkirschen ist es, von Anfang Mai bis zur Ernte täglich 2–8 l Wasser je Baum über Tropfschläuche zu applizieren und die Bewässerungsgaben nur auszusetzen, wenn Niederschläge über 10 mm gefallen sind. In der Zellteilungs- und Steinhärtungsphase werden dabei niedrigere Wassergaben als in der Zellstreckungsphase der Früchte gegeben, in der diese den höchsten täglichen Massezuwachs haben (Penzel et al., 2020; 2021). Nach der Ernte wird die Bewässerung bis Ende August fortgesetzt, jedoch mit weniger häufigen Gaben. Diese Art der Bewässerung beruht auf den Erfahrungen vergangener Jahre, berücksichtigt jedoch nicht den Bodenwasserhalt bzw. die potenzielle Evapotranspiration einer Anlage. In der folgenden Studie wurde untersucht, ob auf einem sommertrockenen Standort (1) durch die Berücksichtigung der Saugspannung des Bodens in 25 cm Tiefe bei der Bewässerung, die Höhe von Bewässerungswassergaben bei Süßkirschen bei gleichbleibendem Ertragsniveau als bei täglicher Bewässerung reduziert werden kann. Zudem wurde untersucht, ob (2) durch den Einsatz von Mulchabdeckungen des Baumstreifens Ertrag, mittlere Fruchtmasse und das vegetative Wachstum von Süßkirschen beeinflusst werden.

Material und Methoden

Versuchsstandort und Versuchsaufbau

Im Februar 2009 wurde auf dem Versuchsgelände des Lehr- und Versuchszentrums Gartenbau in Erfurt (50,992813; 11,052638) eine Versuchsanlage mit Süßkirschbäumen der Sorte 'Bedel' (Bellise®) auf der Unterlage Gisela 5 angelegt, um den Einfluss von verschiedenen Mulchabdeckungen des Baumstreifens und parallel dazu zwei Bewässerungsvarianten auf das Wachstum und den Ertrag von diesen zu untersuchen. Die Anlage wurde mit vier Reihen á 26 Bäumen in Ost-West Ausrichtung gepflanzt. Der Pflanzabstand betrug 4,25 m × 2,35 m, was einer Pflanzdichte von ca. 900 Bäumen pro ha

entspricht. Am Anfang, in der Mitte und am Ende jeder Reihe wurden zusätzlich jeweils einzelne Bäume der Sorte 'Sumste' (Samba®) als Befruchter gepflanzt. Der Boden ist ein tiefgründiger schluffiger Lehm mit 76 Bodenpunkten und einem pH-Wert von 7,3. Die Stärke der Bodenaufgabe schwankt zwischen 1,8 m und 2,0 m, darunter befindet sich eine Schicht Kies.

In der Anlage wurden sieben Parzellen mit jeweils 13 aufeinander folgenden Bäumen der Sorte 'Bedel' (Bellise®) eingeteilt, von denen jeweils 10 Bäume je Parzelle für die Erfassung von Ertrags- und Wachstumsparametern markiert wurden. Alle weiteren Bäume dienten als Pufferbäume zwischen den Parzellen. Zwei Parzellen wurden mit oberirdisch verlegten Tropfschläuchen (NETAFIM Deutschland GmbH, Frankfurt (Main), Deutschland) mit druckkompensierten Tropfern (4,0 l h⁻¹) ausgestattet. In vier weiteren Parzellen wurden verschiedene Mulchabdeckungen im Baumstreifen ausgebracht (Tab. 1). Die Bäume mit Mulchabdeckungen wurden während des gesamten Versuchszeitraumes nicht bewässert. Die Bewässerung der Parzellen in denen Tropfschläuche installiert waren erfolgte in zwei verschiedenen Varianten (Tab. 1).

Dabei orientierte sich die applizierte Wassermenge bei der Variante Tägliche Bewässerung bis zur Ernte an den verschiedenen Fruchtentwicklungsphasen. In der Zellteilungs- und Steinhärtungsphase wurden täglich 2–4 l Wasser pro Baum appliziert, in der Zellstreckungsphase 4–8 l pro Baum. Die Bewässerung wurde nur ausgesetzt, wenn Niederschläge >10 mm gefallen sind. Nach der Ernte wurden die Bäume der Variante unregelmäßiger nach objektiver Einschätzung des Wasserbedarfs bewässert. Dabei wurden Wassergaben von 4–6 l pro Baum appliziert. Bei der Bewässerung nach der Saugspannung des Bodens in 25 cm Tiefe wurde ein Startwert für die Bewässerung von 200 hPa angenommen. Dafür wurde die Saugspannung innerhalb der Parzelle täglich mit zwei Tensiometern mit aufgeschraubten Manometer (Bambach GbR, Geisenheim, Deutschland) in der Mitte der Parzelle gemessen. Der gefallene Niederschlag während des Versuchszeitraumes wurde mit einer Wetterstation (DLK-15/TDL-14, Adolf

| Tab. 1. Mulch- und Bewässerungsvarianten

Variante	Mulchabdeckung	Bewässerung
1	Kontrolle	-
2	Tonziegelbruchstücke, 10 cm, einmalig zu Versuchsbeginn	-
3	Fichtenholzspäne (<i>Picea abies</i> H.Karst.), 10 cm, zu Versuchsbeginn und im Frühjahr 2012	-
4	Gerstenstroh, 20 cm, Jährlich im Frühjahr	-
5	Rasenschnitt, 10 cm, Jährlich im Frühjahr	-
6	-	Tägliche Bewässerung bis zur Ernte. Nach der Ernte Bewässerung nach objektiver Einschätzung des Wasserbedarfs
7	-	Saugspannung in 25 cm Tiefe

Thies GmbH & Co. KG, Göttingen, Deutschland) in 350 m Entfernung zur Anlage erfasst.

Ab dem zweiten Standjahr erhielten alle Bäume im März eine Stickstoffdüngung mit schwefelsaurem Ammoniak nach vorheriger N_{\min} -Analyse (VDLUFA MB 1, 6.1.4.1; 0–30 cm). Dabei wurde im zweiten Standjahr ein N-Bedarf von 60 kg ha⁻¹ angenommen, im dritten und vierten Jahr 80 kg ha⁻¹ und ab dem 5. Standjahr ein Stickstoffbedarf von 100 kg ha⁻¹. In der Variante, in der die Baumstreifen jährlich mit Stroh abgedeckt wurden, wurden ab dem vierten Standjahr jährlich zusätzlich 20 kg N pro ha appliziert. In den unbewässerten Varianten erfolgte die jährliche Stickstoffdüngung als einmalige Gabe, während die bewässerten Varianten nur die Hälfte des N-Bedarfs im März erhielten. Die zweite Hälfte des angenommenen N-Bedarfes wurde in wöchentlichen Gaben eines eingespeisten N-/P-/K-/Mg- Düngers (15-5-30-3) in den Monaten April bis Juni über Fertigation appliziert. In den Jahren 2017 und 2018 wurde bei der jährlichen Bodenanalyse zusätzlich der organische Kohlenstoffgehalt des Bodens C_{org} [%] (VDLUFA MB I, 4.1.3.2; 0–30 cm) erfasst.

Während des gesamten Versuchszeitraumes wurden alle Bewässerungsgaben aufgezeichnet. In den Jahren 2010 und 2011 wurde der mittlere Baumertrag und die mittlere Fruchtmasse in jeder Variante erfasst, ab 2012 jährlich der Einzelbaumertrag von jeweils zehn Bäumen aus jeder Variante und die mittlere Fruchtmasse von 100 Früchten pro Baum. In den Jahren 2012–2015 wurden von jeweils zehn Bäumen je Variante an 4–8 Terminen während der Fruchtentwicklung die Fruchtdurchmesser von zehn zufälligen Früchten gemessen. Aus den erfassten Fruchtdurchmessern wurde die tägliche absolute Wachstumsrate der Früchte AWR [mm d⁻¹] berechnet (Gleichung 1):

$$(1) \text{AWR [mm d}^{-1}\text{]} = \Delta D \Delta t^{-1}$$

Dabei ist ΔD die Differenz der mittleren Fruchtdurchmesser zwei aufeinanderfolgender Messtermine und Δt der dazwischenliegende Zeitraum in Tagen. In den Jahren 2009 und 2010 wurde die Anzahl und die Länge aller im jeweiligen Jahr neugewachsenen Triebe pro Baum gemessen. Am Ende der Wachstumsperiode wurde in den Jahren 2011, 2012, 2014, 2016 der Stammdurchmesser 20 cm über der Veredelungsstelle erfasst.

Mit dem Programm Dunn's Test (Dinno, 2017) der Software R Version 3.4.1 (R Core Team, 2018) wurden die Erträge, die mittleren Fruchtmassen sowie die Länge und die Anzahl der neugewachsenen Triebe und die Stammdurchmesser der verschiedenen Varianten paarweise miteinander verglichen (Konfidenzniveau $\geq 95\%$).

Ergebnisse

Fruchtentwicklung und Wassergaben

Der Termin der Vollblüte schwankte im Versuchszeitraum zwischen dem 10.04. und 29.04. (Tab. S1). Der Zeitraum zwischen Vollblüte und Ernte der Früchte lag im Mittel der Tragejahre bei 66 Tagen, wobei im Jahr 2011 die Ernte bereits 52 Tage nach Vollblüte erfolgte. Anhand des zeitlichen Verlaufs des Fruchtdurchmessers (Abb. 2a) können die drei Fruchtentwicklungsphasen von Steinobst (Lilleland & Newsome, 1934) abgeleitet werden. Die Steinhärtungsphase zeichnet sich durch eine geringere Zunahme der Fruchtdurchmesser als in der Zellteilungs- und Zellstreckungsphase aus. Im Jahr 2013 war die Wachstumsrate der Früchte (Abb. 2b) im Zeitraum 25 TNVB (Tage nach Vollblüte) bis 39 TNVB im Vergleich zu den Fruchtwachstumsraten vor und nach diesem Zeitraum reduziert, im Jahr 2015 im Zeitraum 23 TNVB bis 30 TNVB. Es kann davon ausgegangen werden, dass in den beiden Jahren innerhalb dieses Zeitraumes die Steinhärtungsphase lag. Die Zellstreckungsphase im Jahr 2013 begann 39 TNVB, 2014 40 TNVB und 2015 bereits 30 TNVB. Im Jahr 2012 wurden erst ab 40 TNVB die Fruchtdurchmesser erfasst. Es ist davon auszugehen, dass sich die Früchte in dem Jahr zu diesem Zeitpunkt bereits in der Zellstreckungsphase befanden, da keine weitere Zunahme der Wachstumsrate bis zur Ernte festgestellt wurde. Für eine präzisere Abgrenzung der Zeiträume der Fruchtentwicklungsphasen sind häufigere und weitergehende Untersuchungen (Seifert et al., 2014) erforderlich, die die mit der Fruchtentwicklung einhergehenden strukturellen Veränderungen in Endo-, Exo- und Mesocarp berücksichtigen.

Da zum Zeitpunkt der Vollblüte die oberste Bodenschicht häufig wassergesättigt und nur ein geringer Teil der Blattfläche der Bäume bereits ausgebildet ist (Steiner et al., 2015), begann die Bewässerung im Versuchszeitraum in den meisten Jahren erst nach der Vollblüte, im Mittel der Jahre 12–14

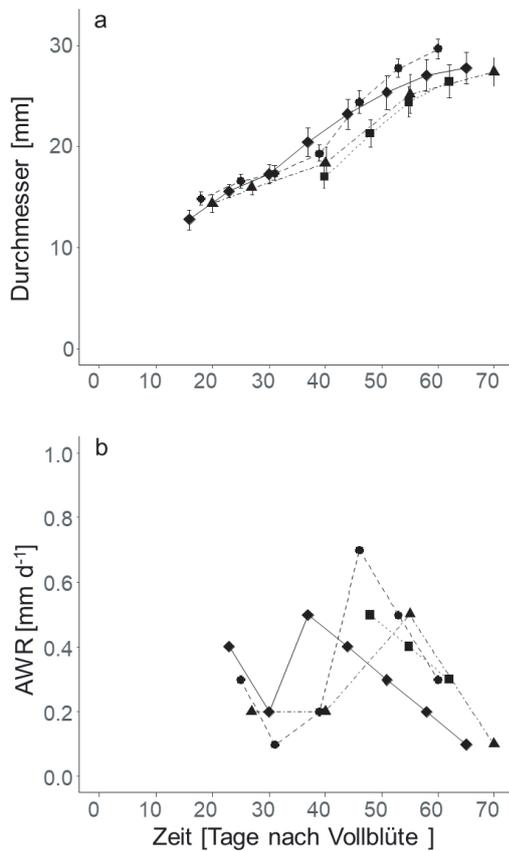


Abb. 2. Zeitlicher Verlauf der Fruchtdurchmesser (a) und absoluten Wachstumsrate (b) (Mittelwert ± Standardabweichung) von Früchten der Süßkirschensorte 'Bedel' (Bellise®)/Gisela 5 in den Jahren 2012 (Quadrate, gepunktete Linie), 2013 (Kreise, gestrichelte Linie), 2014 (Dreiecke, gestrichelt-gepunktete Linie), 2015 (Rauten, durchgezogene Linie)

TNVB (Tab. S2). Bei der Variante Tägliche Bewässerung bis zur Ernte wurde vor der Ernte mehr als nach der Ernte bewässert (Tab. 2), während bei der Bewässerung nach der Saugspannung des Bodens in manchen Jahren nach der Ernte größere Mengen Wasser als vor der Ernte appliziert wurden. Insgesamt wurde bei der Bewässerung nach der Saugspannung des Bodens weniger bewässert als in der Variante Tägliche Bewässerung bis zur Ernte (Tab. 2). In den Versuchsjahren in denen mehr als 600 mm Niederschlag fielen (2010, 2013, 2017; Abb. 1) wurde nach der Ernte insgesamt weniger bewässert als in den anderen Versuchsjahren (Tab. 2).

Vegetatives Wachstum

Während die Anzahl an Trieben pro Baum im ersten Standjahr bei den Varianten Ziegel-, Holz- und Rasenmulch im Vergleich zu den anderen Varianten erhöht war (Abb. 3), war die mittlere Trieblänge in den bewässerten Varianten und den Varianten Holz- und Rasenmulch am höchsten. Bei Bäumen aus der Kontrolle und der Variante Strohmulch waren die Trieblänge im ersten Standjahr, im Vergleich zu den anderen Varianten, reduziert. In den beiden Varianten übersteigt die Standardabweichung der Trieblänge den Mittelwert, da einzelne Triebe über einen Meter lang waren, während die Länge der Mehrzahl der Triebe unter 10 cm lag. Im zweiten Standjahr hatten die Varianten Rasen- und Holzmulch die höchste Anzahl an Trieben, die Kontrolle und die Varianten Ziegel und Holzmulch die längsten Triebe. Die Varianten Ziegel- und Holzmulch hatten in den Jahren 2011 – 2014 die größten Stammdurchmesser (Tab. 3). Jedoch waren diese im Jahr 2016 auf einem Niveau mit denen von Bäumen der Varianten Strohmulch, Täglicher Bewässerung bis zur Ernte und Bewässerung nach der Saugspannung des Bodens. Bäume der Kon-

Tab. 2. Höhe der Wassergaben vor und nach der Ernte in zwei verschiedenen Bewässerungsvarianten bei der Süßkirschensorte 'Bedel' (Bellise®)/Gisela 5 in den Jahren 2009 – 2018. Im Jahr 2009 trugen die Bäume keine Früchte, daher wurden alle Wassergaben dem Bereich vor der Ernte zugeordnet. Im Jahr 2018 erfolgte in allen Varianten nach der Ernte keine Bewässerung, da die Anlage im Herbst 2018 gerodet wurde.

Wassergaben

Jahr	Vor der Ernte [l Baum ⁻¹]		Nach der Ernte [l Baum ⁻¹]		Gesamt [m ³ ha ⁻¹]	
	Tägliche Bewässerung	Saugspannung (200 hPa)	Tägliche Bewässerung	Saugspannung (200 hPa)	Tägliche Bewässerung	Saugspannung (200 hPa)
2009	55	41	0	0	50	37
2010	49	48	13	10	56	52
2011	67	54	70	58	123	101
2012	106	81	206	137	281	196
2013	56	20	96	48	137	61
2014	130	78	56	78	167	140
2015	198	66	191	88	350	139
2016	168	64	86	50	229	103
2017	146	144	16	60	146	184
2018	250	330	0	0	225	297
\bar{x}	123	93	92	53	194	131

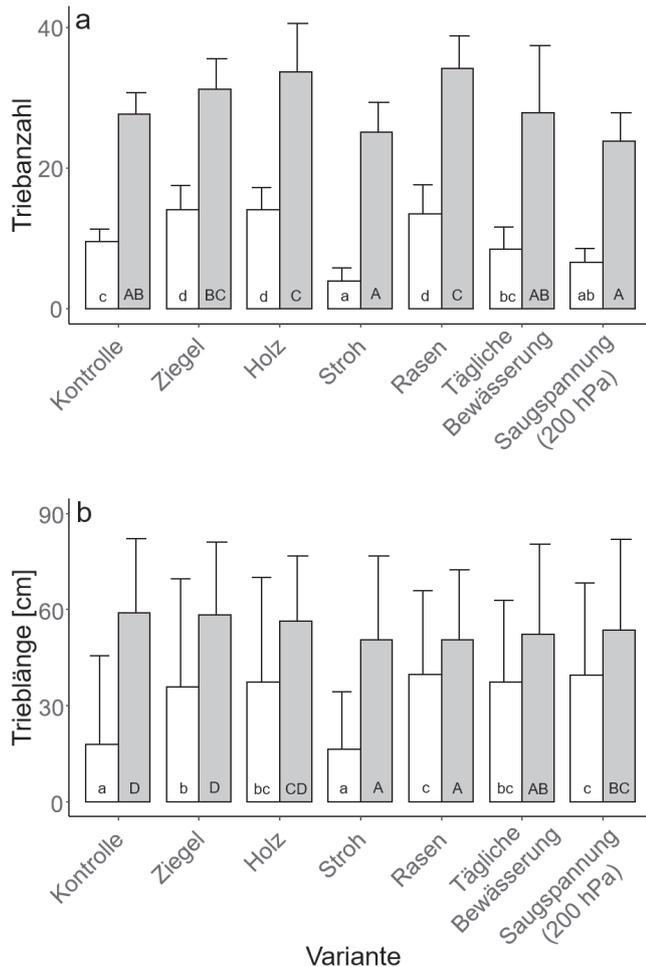


Abb. 3. Einfluss von Mulch und Bewässerungsvarianten (Tab. 1) auf die Anzahl (a) und Länge (b) der Neutriebe pro Baum (Mittelwert \pm Standardabweichung) bei Bäumen der Süßkirschensorte 'Bedel' (Bellise®)/Gisela 5 im ersten (2009, weiße Balken) und zweiten (2010, graue Balken) Standjahr. Balken mit gleichen Buchstaben (2009 kleine Buchstaben, 2010 Großbuchstaben) unterscheiden sich, gemäß dem Dunn's Test für paarweise Vergleiche (Konfidenzniveau $\geq 95\%$), nicht signifikant voneinander.

trolle hatten am Ende des 8. Standjahrs die kleinsten Stammdurchmesser.

Ertrag und Fruchtmasse

Ab dem zweiten Standjahr wurden in allen Varianten Erträge festgestellt (Tab. 4). Ab dem dritten Standjahr lagen diese nur in einer Variante über 5 kg Baum^{-1} , ab dem vierten Standjahr im Mittel über 20 kg Baum^{-1} . Die höchsten mittleren Baumerträge traten in der Variante Rasenmulch im Jahr 2015 auf, während Bäume der Kontrolle die geringsten mittleren Baumerträge während des Versuchszeitraumes hatten. Spätfrost am 20.04.2017 ($-4,2 \text{ °C}$ in $1,5 \text{ m}$ Höhe) reduzierte in diesem Jahr die Baumerträge in allen Varianten deutlich unter die der Vorjahre. Als Folge des niedrigen Fruchtbehangs im Jahr 2017, traten in diesem Jahr die größten Fruchtmassen (Tab. 5) während des Versuchszeitraumes in allen Varianten auf. Bewässerung führte in vier Versuchsjahren zu höheren Baumerträgen als in der Kontrolle (Tab. 4). In zwei der vier Jahre traten dabei keine Ertragsunterschiede zwischen den beiden bewässerten Varianten auf. Im gesamten Versuchszeitraum unterschied sich der Ertrag der Bäume in der Variante, die nach der Saugspannung des Bodens bewässert wurde, nur in einem Jahr von der täglich bewässerten Variante. Ertragsunterschiede zwischen den Varianten im Jahr 2017 sind, aufgrund der Spätfrostergebnisse nach der Blüte, wenig aussagekräftig. Im Mittel der Jahre überstiegen die Erträge der Mulchvarianten die der bewässerten Varianten. Die mittleren Fruchtmassen der bewässerten Varianten und der Mulchvarianten unterschieden sich nicht kontinuierlich von denen der Kontrolle (Tab. 5).

N_{\min} und organische Bodenmasse

Der jährliche Einsatz von Rasenmulch war mit kontinuierlich erhöhten N-Gehalten im Boden im Vergleich zur Kontrolle verbunden (Tab. 6). Auch das jährliche Ausbringen von Stroh in Verbindung mit 20 kg ha^{-1} höheren N-Gaben als in den anderen Varianten, führten zu leicht erhöhten N_{\min} -Gehalten im Boden, die bei maximal $7,8 \text{ mg kg}^{-1}$ lagen. Die N_{\min} -Gehalte des Bodens in den bewässerten Varianten und der beiden

Tab. 3. Stammdurchmesser (Mittelwert \pm Standardabweichung) bei Bäumen der Süßkirschensorte 'Bedel' (Bellise®)/Gisela 5 in verschiedenen Mulch- und Bewässerungsvarianten. Stammdurchmesser von Varianten mit gleichen hochgestellten Buchstaben innerhalb eines Jahres unterscheiden sich, gemäß dem Dunn's Test für paarweise Vergleiche (Konfidenzniveau $\geq 95\%$), nicht signifikant voneinander.

Variante	Stammdurchmesser [cm]			
	2011	2012	2014	2016
Kontrolle	6,9 \pm 0,5 ^a	8,7 \pm 0,7 ^a	9,9 \pm 0,5 ^a	12,6 \pm 0,8 ^a
Ziegel	7,7 \pm 0,4 ^b	9,8 \pm 0,6 ^d	10,9 \pm 0,6 ^{cd}	14,2 \pm 0,1 ^c
Holz	7,4 \pm 0,5 ^b	9,9 \pm 0,7 ^d	11,3 \pm 0,5 ^d	14,0 \pm 1,1 ^{bc}
Stroh	6,7 \pm 0,7 ^a	9,7 \pm 0,9 ^{cd}	10,6 \pm 0,7 ^{bc}	13,5 \pm 1,0 ^{bc}
Rasen	7,3 \pm 0,4 ^b	9,3 \pm 0,7 ^{bc}	10,9 \pm 0,8 ^c	13,3 \pm 1,2 ^{ab}
Tägliche Bewässerung	7,0 \pm 0,4 ^a	9,5 \pm 0,3 ^{cd}	10,7 \pm 0,5 ^c	14,0 \pm 0,3 ^{bc}
Tensiometer	6,8 \pm 0,6 ^a	8,9 \pm 0,5 ^{ab}	10,0 \pm 0,8 ^{ab}	13,9 \pm 0,9 ^{bc}
\bar{x}	7,1	9,4	10,6	13,6

Tab. 4. Einzelbaumerträge (2010, 2011: Mittelwert, 2012 – 2018: Mittelwert \pm Standardabweichung) von Bäumen der Süßkirschensorte 'Bedel' (Bellise[®])/Gisela 5 in verschiedenen Mulch- und Bewässerungsvarianten (Tab. 1) in den Jahren 2010 – 2018. Die Erträge von Varianten mit gleichen hochgestellten Buchstaben innerhalb eines Jahres unterscheiden sich, gemäß dem Dunn's Test für paarweise Vergleiche (Konfidenzniveau \geq 95 %), nicht signifikant voneinander.

Variante	Ertrag Baum ⁻¹ [kg]									$\bar{x}_{2012-2016}$
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
Kontrolle	0,7	3,9	13,7 \pm 2,3 ^{ab}	20,4 \pm 4,1 ^b	18,6 \pm 2,3 ^a	24,7 \pm 3,9 ^a	22,8 \pm 2,8 ^{ab}	2,3 \pm 0,8 ^a	21,3 \pm 1,4 ^a	20,0
Ziegel	0,6	4,8	15,6 \pm 4,6 ^{bcd}	20,4 \pm 4,6 ^{bc}	25,9 \pm 3,0 ^c	30,6 \pm 7,6 ^c	19,7 \pm 1,8 ^a	3,4 \pm 1,6 ^{ab}	22,5 \pm 3,9 ^a	22,4
Holz	0,5	5,4	15,6 \pm 3,7 ^{bcd}	22,1 \pm 3,0 ^d	14,8 \pm 3,1 ^a	25,9 \pm 5,2 ^{ab}	28,6 \pm 1,6 ^c	6,3 \pm 2,1 ^d	-	21,4
Stroh	0,7	3,2	11,5 \pm 2,0 ^a	20,9 \pm 3,4 ^{bcd}	22,0 \pm 3,5 ^b	29,6 \pm 6,8 ^{bc}	28,4 \pm 4,5 ^c	4,5 \pm 0,9 ^{bc}	21,6 \pm 2,1 ^a	22,5
Rasen	0,6	2,2	17,4 \pm 3,3 ^d	17,2 \pm 2,4 ^a	22,6 \pm 3,5 ^{bc}	36,6 \pm 2,4 ^d	22,7 \pm 4,5 ^{ab}	7,8 \pm 2,3 ^d	25,9 \pm 3,0 ^b	23,3
Tägliche Bewässerung	0,7	3,1	16,0 \pm 3,2 ^{cd}	21,1 \pm 2,5 ^{bcd}	17,8 \pm 4,5 ^a	25,3 \pm 4,2 ^a	28,8 \pm 4,9 ^c	2,9 \pm 1,3 ^a	23,4 \pm 2,7 ^{ab}	21,8
Tensiometer	0,6	3,2	14,8 \pm 2,8 ^{bc}	19,7 \pm 4,2 ^b	22,7 \pm 3,8 ^{bc}	26,7 \pm 5,0 ^{abc}	24,4 \pm 3,7 ^{bc}	5,6 \pm 1,3 ^{cd}	22,0 \pm 3,0 ^a	21,7
$\bar{x}_{2012-2016}$	0,6	3,7	14,9	20,3	20,6	28,5	25,1	4,7	-	21,9

Tab. 5. Mittlere Fruchtmasse von Bäumen der Süßkirschensorte 'Bedel' (Bellise[®])/Gisela 5 in verschiedenen Mulch und Bewässerungsvarianten (Tab. 1) in den Jahren 2010 – 2018. Die Fruchtmasse von Varianten mit gleichen hochgestellten Buchstaben innerhalb eines Jahres unterscheiden sich, gemäß dem Dunn's Test für paarweise Vergleiche (Konfidenzniveau \geq 95 %), nicht signifikant voneinander.

Variante	Mittlere Fruchtmasse [g]									$\bar{x}_{2010-2016}$
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
Kontrolle	10,0	9,2 ^{ab}	9,1 ^b	11,3 ^a	10,3 ^a	9,5 ^{bc}	9,0 ^{ab}	11,6 ^a	9,8 ^b	9,8
Ziegel	9,6	9,4 ^{ab}	8,8 ^b	11,7 ^b	10,2 ^a	8,4 ^a	9,4 ^b	12,0 ^b	9,5 ^a	9,6
Holz	10,4	9,8 ^b	8,8 ^b	10,9 ^a	10,5 ^a	9,8 ^{abc}	8,5 ^a	11,8 ^b	-	9,8
Stroh	10,4	9,8 ^{ab}	8,9 ^b	10,9 ^a	10,0 ^a	9,2 ^a	8,6 ^a	11,9 ^b	9,8 ^{ab}	9,7
Rasen	10,8	9,1 ^{ab}	7,6 ^a	11,8 ^b	10,0 ^a	9,1 ^{abc}	8,9 ^{ab}	11,0 ^a	9,8 ^{ab}	9,6
Tägliche Bewässerung	10,4	8,6 ^a	8,8 ^b	11,0 ^a	10,3 ^a	10,6 ^d	8,4 ^a	12,1 ^b	9,5 ^{ab}	9,6
Tensiometer	10,4	9,9 ^b	9,1 ^b	11,2 ^a	10,0 ^a	8,7 ^{ab}	8,9 ^{ab}	12,0 ^b	10,1 ^b	9,7
$\bar{x}_{2010-2016}$	10,3	9,4	8,7	11,3	10,2	9,3	8,8	11,8	-	9,7

weiteren Mulchvarianten unterschieden sich kaum. Der Gehalt an organischem C im Boden lag in den Varianten Rasenmulch und Strohmulch in den Jahren 2017 und 2018 über 2 % und somit über dem Durchschnitt aller Varianten (Tab. 7).

Diskussion

Dass der Ertrag in der Kontrolle sich in mehreren Jahren nicht von denen aus den bewässerten Varianten unterschied, kann darauf hindeuten, dass bis zum Zeitpunkt der Ernte der Kirschensorte aus dem frühen Reifesegment der Bodenwasservorrat in dem jeweiligen Jahr nicht ertragslimitierend war. Inwieweit jedoch der Anteil an vermarktungsfähigen Früchten von der Bewässerung beeinflusst wurde, geht aus den Daten nicht hervor. Die Menge an Wasser für die Bewässerung wurde durch die Berücksichtigung der Saugspannung des Bodens, mit dem Schwellenwert für die Bewässerung von 200 hPa, zur Bewässerungssteuerung im Vergleich zu täglicher Bewässerung

reduziert. Die Methode orientiert sich präziser am Wasserbedarf der Bäume als die tägliche Bewässerung, da eine direkte Kontrolle des verfügbaren Bodenwassers in der Feinwurzelzone möglich ist.

Eine zusätzliche Reduktion des Wasserverbrauchs von Obstbäumen kann durch den Einsatz von Folien zur Überdachung der Anlagen erreicht werden. Stone et al. (2022) gaben den mittleren täglichen Wasserverbrauch von 16-jährigen Kirschbäumen im Kym-Green-Bush-System (4,25 m \times 1,75 m) mit 12 l Baum⁻¹ an. Dieser wurde durch ein Regendach (Vöhringer GmbH & Co, Berg, Deutschland) auf 4 l Baum⁻¹ reduziert, was mit einer Verringerung der Windgeschwindigkeit und somit einer Erhöhung der Grenzschichtwiderstände um die Blätter in Verbindung gebracht wurde.

Im Versuch führten Mulchabdeckungen des Baumstreifens in einzelnen Jahren zu Erträgen, die über denen von den bewässerten Varianten lagen. Das kann mit einer verringer-

Tab. 6. N_{\min} -Gehalt in 0–30 cm Tiefe bei Bäumen der Süßkirschensorte 'Bedel' (Bellise®)/Gisela 5 in verschiedenen Mulch und Bewässerungsvarianten (Tab. 1) in den Jahren 2009–2018.

Variante	N_{\min} (NH_4 -N + NO_3 -N) [mg kg ⁻¹]										
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	$\bar{x}_{2010-2018}$
Kontrolle	-	5,5	5,5	4,6	2,8	1,8	1,8	1,8	2,1	2,5	3,2
Ziegel	-	11,7	5,5	5,5	2,8	1,8	3,7	0,9	1,1	13,3	5,1
Holz	-	2,8	2,8	5,5	1,8	1,8	1,8	1,8	2,1	3,0	2,5
Stroh	-	4,6	5,5	5,5	4,6	5,5	3,7	7,1	7,8	6,0	5,5
Rasen	-	13,6	11,7	69,0	14,5	14,5	15,2	33,3	37,0	10,3	24,4
Tägliche Bewässerung	-	5,5	4,6	2,8	2,8	2,8	1,8	1,8	1,6	3,7	3,0
Tensiometer	-	5,5	6,2	2,8	4,6	2,8	1,8	1,4	2,1	3,7	3,4
\bar{x}	4,6	7,0	6,0	13,7	4,8	4,4	4,3	6,9	7,7	6,1	6,7

Tab. 7. C_{org} in 0–30 cm Tiefe bei Bäumen der Süßkirschensorte 'Bedel' (Bellise®)/Gisela 5 in verschiedenen Mulch und Bewässerungsvarianten (Tab. 1) in verschiedenen Jahren.

Variante	C_{org} [%]	
	2017	2018
Kontrolle	1,68	1,81
Ziegel	1,53	1,73
Holz	1,95	1,98
Stroh	2,0	2,11
Rasen	2,63	2,14
Tägliche Bewässerung	1,76	1,68
Tensiometer	1,82	1,77
\bar{x}	1,91	1,89

ten Evaporation des Bodens (Zribi et al., 2015) und damit verbunden einem erhöhten Wassergehalt der obersten Bodenschicht zusammenhängen. Zudem werden Temperaturschwankungen im Oberboden durch den Einsatz von Mulch reduziert. Jedoch ist nicht auszuschließen, dass Mulchabdeckungen auch den Blütenansatz, Fruchtansatz oder Fruchtfall beeinflussen. Diese schwanken bei Kirschen jährlich (Blanco et al., 2020) und haben daher einen großen Einfluss auf deren Ertrag und Fruchtqualität. Den größten Einfluss auf den Fruchtansatz haben dabei meteorologische Faktoren wie die Temperatur vor dem Petalenfall, während der Bestäubung und Befruchtung (Beppu & Kataoka, 2011). Zudem besteht bei Süßkirschen eine Korrelation zwischen der Konzentration an Stärke und löslichen Kohlenhydraten der Wurzeln im Winter und dem Fruchtansatz der darauffolgenden Saison (Blanco et al., 2020).

Der Stickstoffeintrag von Rasenmulch war im Vergleich zu den anderen Varianten deutlich erhöht (Tab. 6), sodass in den Jahren 2012, 2016 und 2017 keine ausgleichende N-Düngung zu den anderen Varianten möglich war. Larsson et al. (1998) gaben den N-Eintrag durch Rasenmulch verschiedener Grasarten mit einer Stärke von ca. 9 cm mit 35–48 g m⁻² an, was

bei Obstbäumen mit einem Reihenabstand von 4,25 m und beidseitiger Mulchabdeckung von 60 cm um den Stamm einem N-Eintrag von 97–132 kg ha⁻¹ entsprechen würde. Die erhöhte N-Zufuhr könnte ein Grund für die erhöhten Erträge in der Variante Rasenmulch sein. Jedoch wurde das vegetative Wachstum, ausgedrückt durch den Stammdurchmesser, in dieser Variante nicht zusätzlich gesteigert. Aus den Daten geht hervor, dass die Bäume mit den höchsten Erträgen nicht die größten Stammdurchmesser haben. Insgesamt können Ertrag und vegetatives Wachstum bei Obstbäumen ein antagonistisches Verhalten aufweisen (Penzel & Tsoulas, 2022). Daher ist es möglich, dass die Stammdurchmesser der Bäume in der Variante Rasenmulch trotz der höchsten mittleren Erträge während des Versuchszeitraums im achten Standjahr nicht von denen der Kontrolle zu unterscheiden war. Im Gegensatz dazu hatten Bäume der Variante Holzmulch im Jahr 2014 die geringsten Erträge im Versuch und zeitgleich in diesem Jahr die größten Stammdurchmesser. Unterschiede im Stammdurchmesser sind Indikatoren zum vegetativen Wachstum von Bäumen, besitzen jedoch, wie bereits bei Apfel demonstriert (Penzel & Tsoulas, 2022), eine geringe Aussagekraft bezüglich des potenziellen Ertrages von Obstbäumen.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass auf dem Versuchsstandort mit einem schluffigen Boden bei durchschnittlich 488 mm Niederschlag (Abb. 1) organische und mineralische Mulchmaterialien, auf den Ertrag bezogen, bei der Kirschensorte im frühen Reifesegment eine Alternative zur Bewässerung darstellen können, da durch diese die Wasserverluste durch Evaporation des Bodens verringert werden. Jedoch sollte bei der Neuanlage von Erwerbsanlagen bei Süßkirschen nicht auf eine Bewässerung verzichtet werden, da gerade während der Jugendentwicklung der Bäume Trockenjahre den Eintritt der Erträge bzw. des Vollertrages verzögern können. Zudem ist neben einer ausreichenden Wasserversorgung der Bäume während des Fruchtwachstums auch eine Bewässerung nach der Ernte förderlich, um eine ausreichende Blütenbildung für das folgende Jahr zu gewährleisten (Marsal et al., 2010).

Die Verwendung von organischer Mulchabdeckung des Baumstreifens in Kombination mit Bewässerung kann im Vergleich zur Bewässerung allein zusätzlich die Fruchtqualität von Süßkirschen zusätzlich steigern (Yin et al., 2011). Jedoch

können organische Mulchauflagen zu einem erhöhten Nährstoffeintrag in die Anlage führen. Engel et al. (2001) berichteten von einem Überangebot an Kalium und Magnesium beim Einsatz von kommunalem Kompost als Mulchabdeckung bei Äpfeln. Dieser führte zu einem erhöhten Risiko für Stippigkeit von Äpfeln. Um die Auswaschung von Nährstoffen, sowie einen verstärkten Kationen-Antagonismus der die Ca-Aufnahme der Bäume reduziert, zu vermeiden, sollte der potenzielle Nährstoffeintrag durch organische Mulchmaterialien daher unter dem Bedarf der Kultur liegen und bei der Mineraldüngung berücksichtigt werden.

Fazit

- Durch die Bewässerung nach der Saugspannung des Bodens konnte die Menge an Wasser zur Bewässerung im Vergleich zu täglicher Bewässerung bis zur Ernte verringert werden. Ertrag und mittlere Fruchtmasse zwischen beiden Varianten unterschieden sich im Versuchszeitraum nur geringfügig.
- Mulchabdeckungen des Baumstreifens führten zu einer Ertragssteigerung von Süßkirschbäumen im Vergleich zu Bäumen ohne Mulchabdeckung auf schluffigem Boden. Der zusätzliche Nährstoffeintrag durch die Mulchmaterialien lag in manchen Jahren über dem Bedarf der Bäume.
- Die jährliche Ausbringung von organischen Mulchmaterialien führte zu erhöhten Gehalten an organischer Bodensubstanz in 0–30 cm Tiefe im Vergleich zum unbedeckten Boden.

Danksagung

Für die technische Unterstützung danken die Autoren Nadja Funke, Matthias Möhler und Michael Schmidt.

Beiträge der einzelnen Autoren

Martin Penzel: Statistische Auswertung, Verfassen vom Text sowie Überarbeitung der Revision

Monika Möhler: Planung und Durchführung des Versuches, Datenerfassung

Erklärung zu Interessenskonflikten

Die Autoren erklären, dass keine Interessenskonflikte vorliegen.

Literatur

Beppu, K., I. Kataoka, 2011: Studies on pistil doubling and fruit set of sweet cherry in warm climate. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science* **80** (1), 1–13, DOI: 10.2503/jjshs1.80.1.

Blanco, V., R. Domingo, A. Pérez-Pastor, P.J. Blaya-Ros, R. Torres-Sánchez, 2018: Soil and plant water indicators for deficit irrigation management of field-grown sweet cherry trees. *Agricultural water management* **208**, 83–94, DOI: 10.1016/j.agwat.2018.05.021.

Blanco, V., R. Torres-Sánchez, P.J. Blaya-Ros, A. Pérez-Pastor, R. Domingo, 2019: Vegetative and reproductive response of 'Prime Giant' sweet cherry trees to regulated deficit irrigation. *Scientia Horticulturae* **249**, 478–489, DOI: 10.1016/j.scienta.2019.02.016.

Blanco, V., Blaya-Ros, P., Torres-Sánchez, R., Domingo, R., 2020. Influence of Regulated Deficit Irrigation and Environmental Conditions on Reproductive Response of Sweet Cherry Trees. *Plants* **9**, 1–17, DOI: 10.3390/plants9010094.

Cao, X., P. Yang, B.A. Engel, P. Li, 2018: The effects of rainfall and irrigation on cherry root water uptake under drip irrigation. *Agricultural Water Management* **197**, 9–18, DOI: 10.1016/j.agwat.2017.10.021.

Dinno, A., 2017: Dunn's Test of Multiple Comparisons Using Rank Sums. R-Package 'dunn.test'. URL: <https://cran.r-project.org/web/packages/dunn.test/dunn.test.pdf>.

Engel, A., A. Kunz, M. Blanke, 2001: Einflüsse von Kompost und Holzhäcksel auf Nährstoffdynamik im Boden, vegetatives Wachstum, Fruchtertrag und Fruchtqualität bei Apfel im Nachbau. *Erwerbsobstbau* **43** (6), 153–160.

Feldmane, D., M. Butac, M. Militaru, E. Kalva, S. Grotuze, I. Missa, L. Sproģe, E. Cirsa, 2019: Response of adult sour cherry trees to woodchip mulch and drip irrigation. *Acta Horticulturae* **1235**, 337–344, DOI: 10.17660/actahortic.2019.1235.46.

Fernandez, R.T., R.L. Perry, D.C. Ferree, 1995: Root distribution patterns of nine apple rootstock in two contrasting soil types. *Journal of the American Society for Horticultural Science* **120** (1), 6–13, DOI: 10.21273/JASHS.120.1.6.

Fernández, J.E., M.V. Cuevas, 2010: Irrigation scheduling from stem diameter variations: A review. *Agricultural and Forest Meteorology* **150** (2), 135–151, DOI: 10.1016/j.agrformet.2009.11.006.

Hartley, M.J., J.B. Reid, A. Rahman, J.A. Springett, 1996: Effect of organic mulches and a residual herbicide on soil bioactivity in an apple orchard. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* **24** (2), 183–190, DOI: 10.1080/01140671.1996.9513951.

Jiménez, S., J. Dridi, D. Gutiérrez, D. Moret, J.J. Irigoyen, M.A. Moreno, Y. Gogorcena, 2013: Physiological, biochemical and molecular responses in four *Prunus* rootstocks submitted to drought stress. *Tree physiology* **33** (10), 1061–1075, DOI: 10.1093/treephys/tpt074.

Juhász, Á., P. Sepsi, Z. Nagy, L. Tókei, K. Hrotkó, 2013: Water consumption of sweet cherry trees estimated by sap flow measurement. *Scientia Horticulturae* **164**, 41–49, DOI: 10.1016/j.scienta.2013.08.022.

Köksal, E.S., B.N. Candoğan, Y.E. Yildirim, S. Yazgan, 2010: Determination of water use and water stress of cherry trees based on canopy temperature, leaf water potential and resistance. *Zemdirbyste* **97**, 57–64, <http://hdl.handle.net/11452/24419>.

Larsson, L., M. Ferm, A. Kasimir-Klemetsson, L. Klemetsson, 1998: Ammonia and nitrous oxide emissions from grass

- and alfalfa mulches. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* **51**, 41–46, DOI: 10.1023/A:1009799126377.
- Levin, I., R. Assaf, B. Bravdo, 1979:** Soil moisture and root distribution in an apple orchard irrigated by tricklers. *Plant and Soil* **52** (1), 31–40, DOI: 10.1007/BF02197729.
- Li, X., P. Yang, S. Ren, Y. Li, H. Liu, J. Du, P. Li, C. Wang, L. Ren, 2010:** Modeling cherry orchard evapotranspiration based on an improved dual-source model. *Agricultural Water Management* **98** (1), 12–18, DOI: 10.1016/j.agwat.2010.07.019.
- Liao, Y., H.X. Cao, X. Liu, H.T. Li, Q.Y. Hu, W.K. Xue, 2021:** By increasing infiltration and reducing evaporation, mulching can improve the soil water environment and apple yield of orchards in semiarid areas. *Agricultural Water Management* **253**, 106936, DOI: 10.1016/j.agwat.2021.106936.
- Lilleland, O., Newsome, L., 1934:** A growth study of the cherry fruit. *Proceedings of the American Society of Horticultural Sciences* **32**, 291–299.
- Livellara, N., F. Saavedra, E. Salgado, 2011:** Plant based indicators for irrigation scheduling in young cherry trees. *Agricultural Water Management* **98** (4), 684–690, DOI: 10.1016/J.AGWAT.2010.11.005.
- Marsal, J., G. Lopez, J. Del Campo, M. Mata, A. Arbones, J. Girona, 2010:** Postharvest regulated deficit irrigation in 'Summit'sweet cherry: fruit yield and quality in the following season. *Irrigation Science* **28** (2), 181–189, DOI: 10.1007/s00271-009-0174-z.
- Morandi, B., L. Manfrini, A. Boini, F. Ponzio, L. Corelli-Grappadelli, 2018:** Effects of mild water shortage on water relations, leaf gas exchanges, fruit growth and vascular flows of two different cherry cultivars. *Acta Horticulturae* **1197**, 127–132, DOI: 10.17660/actahortic.2018.1197.17.
- Millán, S., J. Casadesús, C. Campillo, M.J. Moñino, M.H. Prieto, 2019:** Using soil moisture sensors for automated irrigation scheduling in a plum crop. *Water* **11** (10), 2061, DOI: 10.3390/w11102061.
- Naor, A., 2000:** Midday stem water potential as a plant water stress indicator for irrigation scheduling in fruit trees. *Acta Horticulturae* **537**, 447–454, DOI: 10.17660/ActaHortic.2000.537.52.
- Neilsen, G.H., D. Neilsen, F. Kappel, T. Forge, 2014:** Interaction of irrigation and soil management on sweet cherry productivity and fruit quality at different crop loads that simulate those occurring by environmental extremes. *HortScience*, **49** (2), 215–220, DOI: 10.21273/HORTSCI.49.2.215.
- Peng, G, W. Bing, Z. Guangcan, 2013:** Influence of sub-surface irrigation on soil conditions and water irrigation efficiency in a cherry orchard in a hilly semi-arid area of northern China. *PLoS ONE* **8** (9), e73570, DOI: 10.1371/journal.pone.0073570.
- Penzel, M., N. Tsoulis, 2022:** Annual shoot growth on apple trees with variable canopy leaf area and crop load in response to LiDAR scanned leaf area to fruit ratio. *International Agrophysics* **36** (3), 173–180, DOI: 10.31545/intagr/150761.
- Penzel, M., M. Möhler, C. Weltzien, W.B. Herppich, M. Zude-Sasse, 2020:** Estimation of daily carbon demand in sweet cherry (*Prunus avium* L.) production. *Journal of Applied Botany and Food Quality* **93**, 149–158, DOI: 10.5073/JAB-FQ.2020.093.019.
- Penzel, M., M. Möhler, M. Pflanz, M. Zude-Sasse, 2021:** Fruit quality response to varying leaf area to fruit ratio on girdled branches and whole trees of 'Bellise' sweet cherry (*Prunus avium* L.). *Acta Horticulturae* **1327**, 707–714, DOI: 10.17660/ActaHortic.2021.1327.94.
- Penzel, M., Tsoulis, N. Saha, K.K., Handtke, N., Gubin, E. and Zude-Sasse, M., 2023:** Cherry tree growth in response to varying soil apparent electrical conductivity. *Acta horticulturae* **1366**, 289–296. DOI: 10.17660/ActaHortic.2023.1366.34.
- R Core Team, 2018:** R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <https://www.R-project.org/>.
- Rallo, G., T.A. Paço, P. Paredes, À. Puig-Sirera, R. Mas-sai, G. Provenzano, L.S. Pereira, 2021:** Updated single and dual crop coefficients for tree and vine fruit crops. *Agricultural Water Management* **250**, 106645, DOI: 10.1016/j.agwat.2020.106645.
- Rzekanowski, C., S. Rolbiecki, 2000:** The influence of drip irrigation on yields of some cultivars of stone fruit-bearing trees in central Poland under different rainfall conditions during the vegetation season. *Acta Horticulturae* **537**, 937–942, DOI: 10.17660/ActaHortic.2000.537.114.
- Rieger, M., R. Lo Bianco, W.R. Okie, 2003:** Responses of *Prunus ferganensis*, *Prunus persica* and two interspecific hybrids to moderate drought stress. *Tree Physiology* **23** (1), 51–58, DOI: 10.1093/treephys/23.1.51.
- Ritchie, J.T., 1981:** Water dynamics in the soil-plant-atmosphere system. *Plant and Soil* **58** (1), 81–96, DOI: 10.1007/BF02180050.
- Seifert, B., M. Zude, L. Spinelli, A. Torricelli, 2014:** Optical properties of developing pip and stone fruit reveal underlying structural changes. *Physiologia Plantarum*, **153** (2), 327–336, DOI: 10.1111/ppl.12232.
- Sinclair, T.R., N.M. Holbrook, M.A. Zwieniecki, 2005:** Daily transpiration rates of woody species on drying soil. *Tree Physiology* **25** (11), 1469–1472, DOI: 10.1093/treephys/25.11.1469.
- Stachowski, P., B. Jagosz, S. Rolbiecki, R. Rolbiecki, 2021:** Predictive capacity of rainfall data to estimate the water needs of fruit plants in water deficit areas. *Atmosphere* **12** (5), 550, DOI: 10.3390/atmos12050550.
- Steiner, M., Magyar, L., Gyeviki, M., Hrotko K., 2015:** Optimization of light interception in intensive sweet cherry orchard. *Sci. Papers. Series B, Hortic.*, LIX, 105–108.
- Stone, C. H., D.C. Close, S.A. Bound, I. Goodwin, 2022:** Water use of sweet cherry under protected cropping systems. *Acta Horticulturae* **1346**, 109–114, DOI: 10.17660/ActaHortic.2022.1346.14.
- Tsoulis, N., W.B. Herppich, S. Fountas, M. Zude-Sasse, 2022:** Estimating the spatial variability of water needs using the soil EC_a, rooting depth, and fruit developmental stage in

sweet cherry orchard. *Acta Horticulturae* **1335**, 103 – 110, DOI: 10.17660/ActaHortic.2022.1335.12.

Velardo-Micharet, B., L. Peñas Díaz, I.M. Tapia García, E. Nieto Serrano, C. Campillo Torres, 2017: Effect of irrigation on postharvest quality of two sweet cherry cultivars (*Prunus avium* L.). *Acta Horticulturae* **1161**, 667 – 672, DOI: 10.17660/ActaHortic.2017.1161.106.

Yin, X., C.F. Seavert, J. le Roux, 2011: Responses of irrigation water use and productivity of sweet cherry to single-lateral drip irrigation and ground covers. *Soil Science* **176** (1), 39 – 47, DOI: 10.1097/SS.0b013e3182009dbf.

Yin, X., L.E. Long, X. Huang, N. Jaja, J. Bai, C.F. Seavert, J. le Roux, 2012: Transitional effects of double-lateral drip irrigation and straw mulch on irrigation water consumption, mineral nutrition, yield, and storability of sweet cherry, *HortTechnology* **22** (4), 484 – 492, DOI: 10.21273/HORTTECH.22.4.484.

Zribi, W., R. Aragüés, E. Medina, J.M. Faci, 2015: Efficiency of inorganic and organic mulching materials for soil evaporation control. *Soil and Tillage Research* **148**, 40 – 45, DOI: 10.1016/j.still.2014.12.003.

Zusatzinformationen

Tab. S1. Datum Vollblüte und Ernte sowie die Tage von der Vollblüte bis zur Ernte bei der Süßkirschensorte 'Bedel' (Bellise®) in den Jahren 2010 – 2018.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	\bar{x}
Datum Vollblüte	23.04.	15.04.	13.04.	29.04.	10.04.	20.04.	22.04.	10.04.	13.04.	17.04.
Datum Ernte	02.07.	06.06.	22.06.	28.06.	16.06.	28.06.	30.06.	23.06.	11.06.	21.06.
Zeitraum von der Vollblüte bis zur Ernte [d]	70	52	70	60	67	69	69	74	59	66

Tab. S2. Beginn der saisonalen Bewässerung in zwei verschiedenen Bewässerungsvarianten bei der Süßkirschensorte 'Bedel' (Bellise®)/ Gisela 5 in den Jahren 2009 – 2018.

Jahr	Tägliche Bewässerung	Saugspannung (200 hPa)
2009	23.05	23.05.
2010	04.06	28.05.
2011	23.04	23.04.
2012	11.04	11.04.
2013	17.05.	17.05.
2014	07.04.	07.04.
2015	20.04.	20.04.
2016	04.05.	04.05.
2017	13.04.	13.04.
2018	24.04.	02.05.
$\bar{x}_{2009-2017}$	29.04.	29.04.