

Martin Penzel , Monika Möhler\*

## Ertragsleistung von 14 Haselnussorten über 12 Jahre im Spindelsystem

### Yield performance of 14 hazelnut cultivars grown for 12 years in a spindle system

#### Affiliation

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

#### Kontaktanschrift

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

## Zusammenfassung

Die Ertragsleistung von 14 Haselnussorten verschiedener Herkunft wurde vom zweiten bis zwölften Standjahr miteinander verglichen. Die wurzelechten Bäume wurden als Spindel, mit einem Pflanzabstand von 4,5 m × 2,5 m, erzogen. Ab dem vierten Standjahr wurden Erträge >1 kg Baum<sup>-1</sup>, ab dem sechsten Standjahr >3 kg Baum<sup>-1</sup> erzielt. Es wurden große Ertragsunterschiede zwischen Sorten und Jahren festgestellt. Im Mittel der Sorten wurden in den Vollertragsjahren Erträge von 2,2 t ha<sup>-1</sup> realisiert, bei den ertragsstärksten Sorten 'Eckige Barceloner', 'Webbs Preisnuss' und 'Emoa 1' 3,2 t ha<sup>-1</sup>, 2,9 t ha<sup>-1</sup>, bzw. 2,6 t ha<sup>-1</sup>. Die Sorten unterscheiden sich deutlich in der Masse der Früchte und der Kerne. Die größte Nussmasse hatten die Sorten 'Wunder aus Bollweiler' (4,0 g) und 'Corabel' (3,8 g). Die Kerne der kleinfrüchtigen Sorten 'Pauetet' und 'Rotblättrige Lambertsnuss' hatten den höchsten Masseanteil an der Frucht mit 52 % bzw. 49 %. Dieser lag im Mittel der Sorten und Jahre bei 42 %. Der Anteil an leeren Nüssen lag im Mittel der Sorten und Jahre bei 2,6 %, jedoch wiesen einzelne Sorten in manchen Jahren bis zu 16 % leere Nüsse auf. 'Corabel' und 'Eckige Barceloner' hatten im Mittel der Jahre <1 % leere Nüsse. Im 4., 6. und 11. Standjahr wurden im Mittel der Sorten 16, 9, bzw. 16 Wurzelschösser je Baum festgestellt. Der Schnittaufwand im 6. und 7. Standjahr betrug im Durchschnitt aller Sorten 22 h ha<sup>-1</sup> und 62 h ha<sup>-1</sup>. Die in dieser Arbeit gezeigten Versuchsergebnisse belegen, dass es in Mitteldeutschland möglich ist, Haselnüsse im Spindelsystem anzubauen.

## Stichwörter

Anbausystem, *Corylus avellana*, *Corylus maxima*, Fruchtmasse, Schnitt, Sortensichtung

## Abstract

The yield performance of 14 hazelnut cultivars of different origin was compared from the second to the twelfth year after planting. The trees were trained as spindles with a planting

distance of 4.5 m × 2.5 m, leading to a tree density of 800 trees per hectare. Yields >1 kg tree<sup>-1</sup> were achieved from the fourth year after planting, and >3 kg tree<sup>-1</sup> from the sixth year after planting. Substantial yield fluctuations between cultivars and years were observed. After reaching maturity a mean yield of 2.2 t ha<sup>-1</sup> was achieved in the whole experimental plot, whereas the highest yielding cultivars, 'Barcelona', 'Webbs Price Cob' and 'Emoa 1' achieved average yields of 3.2 t ha<sup>-1</sup>, 2.9 t ha<sup>-1</sup>, and 2.6 t ha<sup>-1</sup>, respectively. The cultivars differed significantly in fruit mass and kernel mass. The varieties 'Merveille de Bollwiller' (4.0 g) and 'Corabel' (3.8 g) had the highest fruit mass. The small-fruited cultivars 'Pauetet' and 'purple-leaved filbert' had the highest mass proportion of kernel to fruit of 52% and 49%, respectively. This relation was 42% when taking into consideration the average of all cultivars and years. The mean proportion of empty nuts was 2.6% in the whole experiment, but individual cultivars reached up to 16% empty nuts in some years. 'Corabel' and 'Barcelona' had <1% empty nuts. In the 4<sup>th</sup>, 6<sup>th</sup> and 11<sup>th</sup> year after planting, averages numbers of 16, 9, or 16 root suckers per tree were counted. The time required for winter pruning in the 6<sup>th</sup> and 7<sup>th</sup> year after planting was 22 h ha<sup>-1</sup> and 62 h ha<sup>-1</sup>, respectively. The experimental data shown in this paper demonstrate that it is possible to grow hazelnuts in a spindle system in the Central German region.

## Keywords

*Corylus avellana*, *Corylus maxima*, fruit mass, pruning, training system, cultivar evaluation

## Einleitung

In Mitteleuropa dienten Haselnüsse bereits zur Zeit des Mesolithikums als Nahrungsmittel (Holst, 2010). Die Region ist neben der Schwarzmeerregion, England, Italien und Spanien eine Herkunftsregion von Haselnussorten (Gökirmak et al., 2009). In Deutschland galt der Anbau in der Vergangenheit aufgrund von niedrigen und alternierenden Erträgen als unwirtschaftlich (Friedrich, 1993). Daher ist der erwerbsmäßige



(c) Der Autor/Die Autorin 2022

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: 4. März 2022/10. Mai 2022

Anbau von Haselnuss in Deutschland im Vergleich zu anderen Regionen gering. Die Hauptproduzenten (im Jahr 2020; FAO, 2021) für Haselnüsse weltweit sind Türkei (734.500 ha), Italien (80.300 ha), Aserbaidschan (44.500 ha), Chile (24.400 ha), Iran (24.300 ha) und die USA (24.300 ha). Die Anbaufläche von Schalenobst in Deutschland lag 2020 bei 1.200 ha (Destatis, 2021), von denen 290 ha Walnüsse waren (2020; FAO, 2021). Die restlichen 910 ha können zum Großteil dem Haselnussanbau und, in einem geringeren Umfang, dem Anbau von weiterem Schalenobst, z. B. Esskastanien, zugerechnet werden.

Anbauversuche aus den Niederlanden zeigten, dass bei einem Pflanzabstand von 4,5 m × 2,0 m in einzelnen Jahren, Erträge von bis zu 2,7 t ha<sup>-1</sup>, im Mittel aus den getesteten Sorten jedoch 1,0 – 1,5 t ha<sup>-1</sup> möglich sind (Wertheim, 1994). Bei einem Anbauversuch in Polen wurden mittlere Erträge von 1,2 t ha<sup>-1</sup> erzielt (Piskornik, 1994).

Weltweit gibt es verschiedene Anbausysteme u. a. Mehrstammssysteme (Taghavi et al., 2020; Bak & Karadeniz, 2021), Hohlkronensysteme, Einzelstammssysteme (Germain & Sarraquigne, 1997) und Fruchtwände (Beyhan, 2007), inklusive V-System (Germain & Sarraquigne, 1997; Sokol, 2018). Der Hektarertrag der Systeme korreliert positiv mit der Anzahl an Pflanzen pro Hektar, wobei Anbausysteme mit bis zu 6000 Pflanzen pro Hektar auf ihre Ertragsleistung getestet wurden (Beyhan, 2007). Bei den Anbausystemen werden sowohl wurzelechte als auch veredelte Bäume verwendet (Đurić et al., 2021). Die Bildung von Wurzelschossern ist bei Bäumen, die auf die Unterlage *Corylus colurna* L. veredelt wurden, im Vergleich zu wurzelechten Bäumen reduziert (Tous et al., 2009; Rovira, 2021), was zu einer Verringerung des Pflegeaufwands und somit zu einer Verbesserung der Wirtschaftlichkeit der Anlagen führen kann.

Bisher gibt es keine Erfahrung zur Ertragsleistung von Haselnussarten und -sorten in Mitteldeutschland. Zudem sind keine Versuche aus dieser Region mit Haselnussbäumen im

Spindelsystem bekannt. Ziel der Versuche war es, Haselnuss-sorten zu identifizieren, die sich für den erwerbsmäßigen Anbau in Mitteldeutschland im Spindelsystem eignen.

## Material und Methoden

Ein Sortenversuch mit 14 Haselnuss-sorten (Tab. 1) wurde im Herbst 2005 auf dem Versuchsgelände des Lehr- und Versuchszentrums Gartenbau in Erfurt (50.99268, 11.05170) angelegt. Der Boden ist ein tiefgründiger schluffiger Lehm mit 76 Bodenpunkten. Fünf bewurzelte Steckhölzer je Sorte wurden im Abstand von 4,5 m × 2,5 m gepflanzt und in den folgenden Jahren als Spindel erzogen. Die Pflanzen im Versuch wurden über oberirdisch verlegte Tropfschläuche bewässert.

Nachdem die Bäume ab dem 6. Standjahr in die Vollertragsphase eintraten, wurde ein Stickstoffbedarf von 70 kg ha<sup>-1</sup> angenommen. Die jährliche Stickstoffdüngung erfolgte jeweils zur Hälfte als einmalige Gabe zum Vegetationsbeginn nach der N<sub>min</sub>-Methode, bzw. über Fertigation in wöchentlichen Gaben eines eingespeisten N-/P-/K-/Mg- Düngers (15-5-30-3) in den Monaten April bis Juni.

In den Jahren 2007 bis 2017 wurden die Früchte der Bäume sortenweise in zwei bis drei Durchgängen aufgelesen. Die Nüsse wurden anschließend von den Hüllblättern befreit und getrocknet. Nach der Trocknung wurde der Ertrag sortenweise erfasst. Die Masse von 100 zufällig ausgewählten, geschlossenen Nüssen wurde mit einer elektronischen Waage gemessen. Diese wurden anschließend geknackt und der prozentuale Anteil leerer Nüsse erfasst. Abschließend wurde die Masse der Kerne gemessen und der mittlere Quotient aus Kern- und Nussmasse für jede Sorte berechnet. In den Jahren 2009 und 2011 wurde die Anzahl an Wurzelschossern je Baum, bzw. je Sorte im Juni gezählt, 2016 nach der Ernte. Im Jahr 2016 wurde baumweise die Zeit gestoppt, die erforderlich war, um alle Wasserschosser mit einer Schere zu entfernen. Im März 2011 und 2012 wurde der Zeitbedarf für den Schnitt von jeweils fünf Bäumen pro Sorte erfasst. Der

Tab. 1. Die im Versuch verwendeten Haselnuss-sorten, ihre Herkunft, Art und ihre S-Allele.

| Sorte                      | Herkunft       | Art            | S-Allele | Referenz                             |
|----------------------------|----------------|----------------|----------|--------------------------------------|
| Corabel                    | Frankreich     | Zellernuss     | 1 3      | Gökirmak et al., 2009                |
| Cosford                    | England        | Zellerhybride  | 3 11     | Gökirmak et al., 2009                |
| Eckige Barceloner          | Spanien        | Zellernuss     | 1 2      | Gökirmak et al., 2009                |
| Emoa-1                     | Niederlande    | Zellernuss     | -        | Schepers & Kwanten, 2005             |
| Englische Riesennuss       | England        | Zellernuss     | -        | AID, 1960                            |
| Gunslebener Zellernuss     | Deutschland    | Zellernuss     | 5 23     | Gökirmak et al., 2009                |
| Gustavs Zellernuss         | Deutschland    | Zellernuss     | 15 20    | Gökirmak et al., 2009                |
| Hallesche Riesennuss       | Deutschland    | Zellernuss     | 5 15     | Büttner, 1798; Gökirmak et al., 2009 |
| Nottinghams Fruchtbare     | England        | Lamberthybride | 8 10     | Gökirmak et al., 2009                |
| Pauetet                    | Spanien        | Zellernuss     | 18 22    | Gökirmak et al., 2009                |
| Rotblättrige Lamberts-nuss | Schwarzes Meer | Lamberts-nuss  | 5 10     | Mehlenbacher, 2014                   |
| Tonda di Giffoni           | Italien        | Zellernuss     | 2 23     | Gökirmak et al., 2009                |
| Webbs Preisnuss            | England        | Lamberthybride | 17 17    | Mehlenbacher, 2014                   |
| Wunder aus Bollweiler      | Frankreich     | Zellernuss     | -        | AID, 1960                            |

Zeitbedarf wurde, unter Annahme einer Pflanzdichte von 800 Bäumen pro Hektar, auf den Hektar hochgerechnet.

Mit dem Programm Dunn's Test (Dinno, 2017) der Software R Version 3.4.1 (R Core Team, 2018) wurden die Erträge aus den Jahren 2011 bis 2017, sowie die Anzahl an Wurzelschossern je Baum in den Jahren 2009 und 2016 (Konfidenzniveau  $\geq 95\%$ ) sortenweise miteinander verglichen.

## Ergebnisse

### Ertrag, Frucht- und Kernmasse, prozentualer Anteil leerer Nüsse

Ab dem zweiten Standjahr (2007) waren bei den meisten Sorten Erträge feststellbar (Tab. 2). Jedoch wurden erst ab dem vierten Standjahr Erträge von über einem Kilogramm pro Baum erzielt, was bei der gegebenen Pflanzdichte Erträge von  $800 \text{ kg ha}^{-1}$  (Nettobaumfläche  $\cong 90\%$  der Bruttofläche) entsprochen hätte. Ab dem sechsten Standjahr wurden im Mittel der Sorten Erträge von  $2,7 \text{ kg Baum}^{-1}$  gemessen. Es traten deutliche Ertragsunterschiede zwischen Jahren und Sorten auf. In den Jahren 2015 und 2017 wurden im Mittel der Sorten deutlich niedrigere Erträge im Vergleich zu den anderen Vollertragsjahren ab 2011 festgestellt. Die niedrigsten Erträge im Versuch hatten die Sorten 'Cosford', 'Tonda di Giffoni' und 'Pauetet', während die Sorten 'Eckige Barceloner' und 'Webbs Preisnuss' die höchsten Erträge aufwiesen.

Die Sorten 'Wunder aus Bollweiler', 'Corabel' und 'Hallesche Riesennuss' wiesen die größten Fruchtmassen der getesteten Sorten auf, während bei den Sorten 'Nottinghams Fruchtba-

re', 'Pauetet' und 'Rotblättrige Lambertnuss' die geringsten Fruchtmassen festgestellt wurden (Tab. 3). Dafür hatten Letztere den höchsten Anteil von Kernmasse an der Fruchtmasse. Dieser war bei der Sorte 'Englische Riesennuss' am geringsten. Im Mittel der Sorten wurden 2011 die höchsten Fruchtmassen festgestellt, welche ab dem achten Versuchsjahr nur geringe jährliche Schwankungen zeigten.

Der mittlere Anteil an leeren Nüssen lag in den Vollertragsjahren 2011–2017 bei  $2,6\%$ . Jedoch zeigten sich in einzelnen Jahren bei einzelnen Sorten deutliche höhere Anteile an leeren Nüssen (Abb.). Die Standardabweichung des Anteils leerer Nüsse variiert zwischen den Sorten. Bei der Sorte 'Rotblättrige Lambertnuss' wurden in jedem Jahr leere Nüsse festgestellt, während bei allen weiteren Sorten in mindestens einem Versuchsjahr keine leere Nüsse auftraten.

### Bildung von Wurzelschossern und Schnittaufwand

Die Anzahl an Wurzelschossern pro Baum unterschied sich zwischen den Sorten und den drei Jahren, in denen diese erfasst wurden (Tab. 4). Die Hälfte der untersuchten Sorten hatte in den drei Jahren jeweils weniger als 10 Wurzelschösser pro Baum, die Sorte 'Gunslebener Zellernuss' nur maximal 6 Wurzelschösser pro Baum. Im Gegensatz dazu hatte die Sorte 'Rotblättrige Lambertnuss' in allen Jahren die höchste Anzahl an Wurzelschossern pro Baum. Anhand der hohen Standardabweichung bei der Anzahl an Wurzelschossern pro Baum wird ersichtlich, dass Unterschiede zwischen den einzelnen Bäumen einer Sorte auftraten. Analog zu der Anzahl an Wurzelschossern traten auch beim Zeitbedarf für deren händisches Entfernen Sortenunterschiede auf.

Tab. 2: Ertrag pro Baum bei 14 Haselnussorten im Spindelsystem (Pflanzabstand  $4,5 \text{ m} \times 2,5 \text{ m}$ ) vom 2.-11. Standjahr und mittlere Erträge der Vollertragsjahre. [Mittelwerte mit gleichen hochgestellten Buchstaben unterscheiden sich, gemäß dem Dunn's Test für paarweise Vergleiche (Konfidenzniveau  $\geq 95\%$ ), nicht signifikant voneinander.]

| Sorte                     | Ertrag [ $\text{kg Baum}^{-1}$ ] |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | Mittlerer Ertrag 2011-2017 [ $\text{kg Baum}^{-1}$ ] |
|---------------------------|----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
|                           | 2007                             | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |  |
| Corabel                   | 0,00                             | 0,01 | 0,65 | 0,96 | 3,00 | 2,59 | 4,38 | 2,95 | 0,75 | 2,63 | 1,20 | 2,5 <sup>ABC</sup>                                   |
| Cosford                   | 0,02                             | 0,03 | 1,04 | 1,44 | 2,70 | 3,40 | 1,87 | 2,94 | 1,41 | 1,49 | 1,07 | 2,13 <sup>A</sup>                                    |
| Eckige Barceloner         | 0,00                             | 0,02 | 0,35 | 0,86 | 3,24 | 4,44 | 4,60 | 3,65 | 2,50 | 7,58 | 2,15 | 4,02 <sup>C</sup>                                    |
| Emoa 1                    | 0,04                             | 0,09 | 0,62 | 0,81 | 2,74 | 2,49 | 4,75 | 4,39 | 1,71 | 4,10 | 2,60 | 3,25 <sup>BC</sup>                                   |
| Englische Riesennuss      | 0,02                             | 0,03 | 0,89 | 0,70 | 2,93 | 2,74 | 4,10 | 2,49 | 0,89 | 2,91 | 0,87 | 2,42 <sup>AB</sup>                                   |
| Gunslebener Zellernuss    | 0,18                             | 0,30 | 1,60 | 1,38 | 3,34 | 2,74 | 1,61 | 4,58 | 0,88 | 3,18 | 1,90 | 2,60 <sup>ABC</sup>                                  |
| Gustavs Zellernuss        | 0,08                             | 0,03 | 1,32 | 1,05 | 4,14 | 3,64 | 2,29 | 3,75 | 0,90 | 4,12 | 1,67 | 2,93 <sup>ABC</sup>                                  |
| Hallesche Riesennuss      | 0,10                             | 0,03 | 1,11 | 0,20 | 2,66 | 2,09 | 2,82 | 3,62 | 1,10 | 4,08 | 1,75 | 2,59 <sup>ABC</sup>                                  |
| Nottinghams Fruchtbare    | 0,01                             | 0,15 | 1,31 | 0,71 | 3,39 | 2,10 | 3,51 | 3,65 | 1,14 | 3,25 | 1,30 | 2,62 <sup>ABC</sup>                                  |
| Pauetet                   | 0,01                             | 0,03 | 0,23 | 0,17 | 2,70 | 1,74 | 0,64 | 1,01 | 1,70 | 5,79 | 1,90 | 2,21 <sup>A</sup>                                    |
| Rotblättrige Lambertsnuss | 0,01                             | 0,13 | 2,21 | 0,63 | 4,05 | 1,76 | 2,92 | 3,82 | 1,04 | 2,97 | 1,03 | 2,51 <sup>ABC</sup>                                  |
| Tonda di Giffoni          | 0,02                             | 0,05 | 0,58 | 0,98 | 1,79 | 0,31 | 1,72 | 3,13 | 2,34 | 3,56 | 2,15 | 2,14 <sup>AB</sup>                                   |
| Webbs Preisnuss           | 0,03                             | 0,03 | 1,27 | 1,31 | 2,81 | 4,67 | 4,84 | 4,07 | 1,62 | 4,57 | 2,38 | 3,57 <sup>C</sup>                                    |
| Wunder aus Bollweiler     | 0,04                             | 0,05 | 1,32 | 0,12 | 3,63 | 1,76 | 1,84 | 2,73 | 0,76 | 3,39 | 1,62 | 2,25 <sup>AB</sup>                                   |
| Mittelwert                | 0,04                             | 0,07 | 1,04 | 0,81 | 3,08 | 2,61 | 2,99 | 3,34 | 1,34 | 3,83 | 1,69 | 2,70   |

Tab. 3. Mittlere Frucht- und Kernmassen und relativer Massenanteil des Kerns an den Früchten von 14 Haselnussorten im Spindelsystem (Pflanzabstand 4,5 m × 2,5 m) vom 6.-12. Standjahr

| Sorte                     | Mittlere Fruchtmasse [g] |      |      |      |      |      |      | Mittelwert |
|---------------------------|--------------------------|------|------|------|------|------|------|------------|
|                           | 2011                     | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |            |
| Corabel                   | 4,6                      | 4,1  | 3,9  | 4,1  | 3,5  | 2,5  | 3,8  | 3,8        |
| Cosford                   | 2,9                      | 2,4  | 2,2  | 2,6  | 2,6  | 2,0  | 2,6  | 2,5        |
| Eckige Barceloner         | 3,1                      | 2,6  | 2,2  | 2,7  | 2,5  | 2,2  | 2,8  | 2,6        |
| Emao 1                    | 3,3                      | 4,4  | 3,9  | 3,1  | 3,2  | 2,9  | 2,9  | 3,4        |
| Englische Riesennuss      | 4,0                      | 3,4  | 2,8  | 3,1  | 2,6  | 2,1  | 2,6  | 2,9        |
| Gunslebener Zellernuss    | 3,4                      | 3,1  | 2,6  | 3,0  | 2,0  | 2,1  | 2,2  | 2,6        |
| Gustavs Zellernuss        | 4,3                      | 3,8  | 3,2  | 3,4  | 3,8  | 3,4  | 3,9  | 3,7        |
| Hallesche Riesennuss      | 4,0                      | 4,3  | 3,5  | 3,5  | 3,6  | 3,4  | 3,2  | 3,6        |
| Nottinghams Fruchtbare    | 2,9                      | 2,2  | 2,0  | 2,0  | 2,4  | 1,8  | 1,8  | 2,2        |
| Pauetet                   | 2,5                      | 2,3  | 1,7  | 2,1  | 1,8  | 1,7  | 2,1  | 2,0        |
| Rotblättrige Lambertsnuss | 1,9                      | 2,3  | 1,8  | 2,1  | 2,0  | 2,0  | 2,0  | 2,0        |
| Tonda di Giffoni          | 3,3                      | 4,1  | 3,1  | 3,0  | 1,9  | 2,8  | 2,3  | 2,9        |
| Webbs Preisnuss           | 4,1                      | 2,8  | 2,3  | 2,4  | 3,1  | 2,5  | 2,5  | 2,8        |
| Wunder aus Bollweiler     | 4,4                      | 4,0  | 4,0  | 4,0  | 4,0  | 3,8  | 3,9  | 4,0        |
| Mittelwert                | 3,5                      | 3,3  | 2,8  | 2,9  | 2,8  | 2,5  | 2,8  | 2,9        |

| Sorte                     | Mittlere Kernmasse [g] |      |      |      |      |      |      | Mittelwert |
|---------------------------|------------------------|------|------|------|------|------|------|------------|
|                           | 2011                   | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |            |
| Corabel                   | 1,86                   | 1,76 | 1,80 | 1,83 | 1,57 | 0,99 | 1,83 | 1,7        |
| Cosford                   | 1,14                   | 1,08 | 0,95 | 1,24 | 1,17 | 0,81 | 1,31 | 1,1        |
| Eckige Barceloner         | 1,00                   | 1,01 | 0,85 | 1,05 | 0,81 | 0,86 | 1,01 | 0,9        |
| Emao 1                    | 1,16                   | 1,90 | 1,50 | 1,43 | 1,32 | 0,92 | 1,24 | 1,4        |
| Englische Riesennuss      | 1,06                   | 1,13 | 1,10 | 1,04 | 0,84 | 0,64 | 0,91 | 1,0        |
| Gunslebener Zellernuss    | 1,16                   | 1,29 | 1,10 | 1,39 | 0,52 | 0,84 | 1,21 | 1,1        |
| Gustavs Zellernuss        | 1,02                   | 1,60 | 1,30 | 1,35 | 1,56 | 1,30 | 1,53 | 1,4        |
| Hallesche Riesennuss      | 1,52                   | 1,74 | 1,40 | 1,44 | 1,50 | 1,38 | 1,30 | 1,5        |
| Nottinghams Fruchtbare    | 1,04                   | 1,14 | 1,00 | 1,00 | 1,02 | 0,89 | 0,95 | 1,0        |
| Pauetet                   | 1,08                   | 1,07 | 1,10 | 0,98 | 0,87 | 0,80 | 1,06 | 1,0        |
| Rotblättrige Lambertsnuss | 1,02                   | 1,20 | 1,10 | 1,03 | 1,00 | 1,02 | 0,98 | 1,0        |
| Tonda di Giffoni          | 1,42                   | 1,72 | 1,40 | 1,31 | 0,76 | 1,19 | 1,06 | 1,3        |
| Webbs Preisnuss           | 1,08                   | 1,22 | 1,00 | 1,07 | 1,36 | 0,88 | 1,20 | 1,1        |
| Wunder aus Bollweiler     | 1,65                   | 1,65 | 1,75 | 1,52 | 1,43 | 1,41 | 1,48 | 1,6        |
| Mittelwert                | 1,2                    | 1,4  | 1,2  | 1,3  | 1,1  | 1,0  | 1,2  | 1,2        |

Der Winterschnitt beschränkte sich bei den Bäumen auf die Entfernung oder das Einkürzen von Konkurrenztrieben zur Mittelachse. Es wurden keine einjährigen Triebe angeschnitten und Äste, die eingekürzt wurden, ausschließlich auf jüngere Triebe abgeleitet. Im sechsten Standjahr war der Zeitbedarf für den Schnitt deutlich niedriger als im siebten Standjahr (Tab. 5), wobei Sortenunterschiede auftraten, die mit dem unterschiedlichen Wuchsverhalten der einzelnen Sorten zusammenhängen.

## Diskussion

Bei der Kultur der Haselnuss wurden Ertragsschwankungen zwischen einzelnen Jahren (Taghavi et al., 2020) sowie jährliche Unterschiede im Anteil an leeren Nüssen (Silva et al., 1996) bereits beschrieben. Es wurden im Versuch Sorten gewählt, die sich in ihren S-Allelen unterscheiden (Tab. 1), um eine gegenseitige Befruchtung sicherstellen zu können. Jedoch können zwischen einzelnen Jahren temperaturbedingt Unterschiede im Blühverhalten auftreten (Črepinšek et al., 2012; Ilić et al., 2018), die bei einzelnen Sorten zu einem

Tab. 3. Fortsetzung

| Sorte                     | Relativer Anteil der Kernmasse an der Fruchtmasse [0-1] |      |      |      |      |      |      | Mittelwert |
|---------------------------|---|------|------|------|------|------|------|------------|
|                           | 2011  | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |            |
| Corabel                   | 0,40  | 0,43 | 0,46 | 0,45 | 0,45 | 0,39 | 0,48 | 0,44       |
| Cosford                   | 0,39  | 0,45 | 0,43 | 0,48 | 0,46 | 0,40 | 0,51 | 0,45       |
| Eckige Barceloner         | 0,33  | 0,39 | 0,39 | 0,40 | 0,32 | 0,39 | 0,36 | 0,37       |
| Emoa 1                    | 0,36  | 0,44 | 0,38 | 0,46 | 0,42 | 0,32 | 0,42 | 0,40       |
| Englische Riesennuss      | 0,27  | 0,33 | 0,39 | 0,33 | 0,32 | 0,31 | 0,35 | 0,33       |
| Gunslebener Zellernuss    | 0,35  | 0,42 | 0,42 | 0,46 | 0,27 | 0,39 | 0,56 | 0,41       |
| Gustavs Zellernuss        | 0,24  | 0,42 | 0,41 | 0,40 | 0,42 | 0,39 | 0,40 | 0,38       |
| Hallesche Riesennuss      | 0,38  | 0,40 | 0,40 | 0,41 | 0,42 | 0,41 | 0,40 | 0,40       |
| Nottinghams Fruchtbare    | 0,36  | 0,51 | 0,50 | 0,50 | 0,42 | 0,50 | 0,53 | 0,48       |
| Pauetet                   | 0,43  | 0,46 | 0,65 | 0,47 | 0,49 | 0,46 | 0,49 | 0,49       |
| Rotblättrige Lambertsnuss | 0,53  | 0,53 | 0,61 | 0,49 | 0,51 | 0,50 | 0,49 | 0,52       |
| Tonda di Giffoni          | 0,43  | 0,42 | 0,45 | 0,43 | 0,40 | 0,43 | 0,47 | 0,43       |
| Webbs Preisnuss           | 0,26  | 0,44 | 0,43 | 0,45 | 0,44 | 0,35 | 0,49 | 0,41       |
| Wunder aus Bollweiler     | 0,38  | 0,41 | 0,44 | 0,38 | 0,36 | 0,37 | 0,38 | 0,39       |
| Mittelwert                | 0,36  | 0,43 | 0,45 | 0,44 | 0,41 | 0,40 | 0,45 | 0,42       |

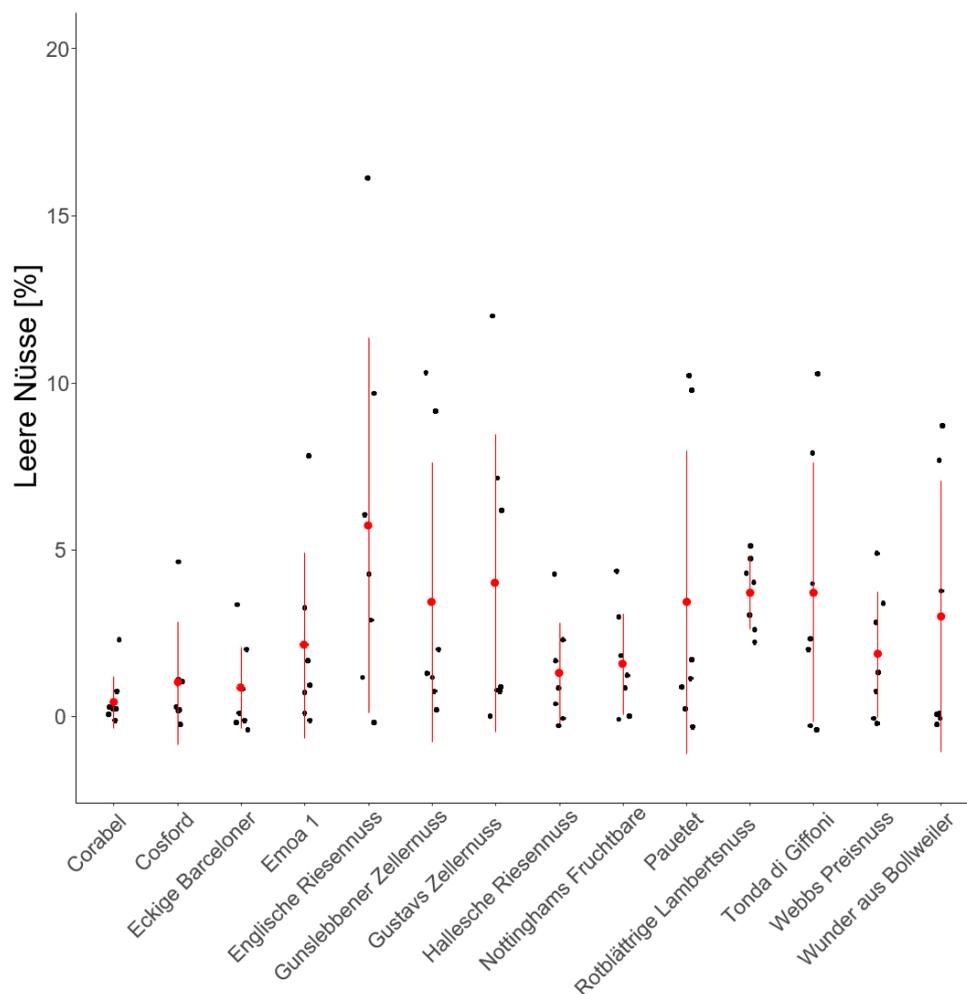


Abb. Prozentualer Anteil an leeren Nüssen (gemessene Werte, Mittelwerte und Standardabweichungen) von 14 Haselnussorten im Spindelsystem (Pflanzabstand 4,5 m × 2,5 m) vom 6.-12. Standjahr.

Tab. 4. Mittlere Anzahl an Wurzelschossern pro Baum im 4. (2009) und 6. (2011) und 11. Standjahr (2016) und Zeitbedarf zum Entfernen im 11. Standjahr (2016) bei wurzelechten Haselnussbäumen 14 verschiedener Sorten im Spindelsystem.

| Sorte                     | Ausläufer Baum <sup>-1</sup> |      |                          | Zeitbedarf für die Entfernung der Wurzelschosser 2016 |                           |
|---------------------------|------------------------------|------|--------------------------|---|---------------------------|
|                           | 2009                         | 2011 | 2016                     | Sekunden Baum <sup>-1</sup>                           | Stunden ha <sup>-1*</sup> |
| Corabel                   | 8,6 ± 4,5 <sup>ab</sup>      | 9    | 11,6 ± 8,7 <sup>bc</sup> | 40  | 9                         |
| Cosford                   | 15,6 ± 6,1 <sup>c</sup>      | 1    | 11,6 ± 8,3 <sup>bc</sup> | 45  | 10                        |
| Eckige Barceloner         | 13,4 ± 4,5 <sup>bc</sup>     | 11   | 5,8 ± 6,1 <sup>abc</sup> | 22  | 5                         |
| Emoa 1                    | 6,2 ± 4,1 <sup>ab</sup>      | 5    | 2,6 ± 1,9 <sup>ab</sup>  | 11  | 2                         |
| Englische Riesennuss      | 28,2 ± 3,6 <sup>c</sup>      | 11   | 2,8 ± 2,0 <sup>ab</sup>  | 10  | 2                         |
| Gunslebener Zellernuss    | 2,2 ± 2,8 <sup>a</sup>       | 1    | 1,8 ± 2,3 <sup>a</sup>   | 5   | 1                         |
| Gustavs Zellernuss        | 6,6 ± 3,8 <sup>ab</sup>      | 7    | 4,6 ± 5,0 <sup>ab</sup>  | 22  | 5                         |
| Hallesche Riesennuss      | 6,0 ± 3,9 <sup>ab</sup>      | 7    | 9,4 ± 5,2 <sup>bc</sup>  | 44  | 10                        |
| Nottinghams Fruchtbare    | 26,4 ± 5,2 <sup>c</sup>      | 13   | 21,2 ± 14,9 <sup>c</sup> | 81  | 18                        |
| Pauetet                   | 6,2 ± 4,0 <sup>ab</sup>      | 4    | 11,2 ± 2,5 <sup>bc</sup> | 42  | 9                         |
| Rotblättrige Lambertsnuss | 46,4 ± 26,5 <sup>c</sup>     | 41   | 92,6 ± 44,9 <sup>d</sup> | 330   | 73                        |
| Tonda di Giffoni          | 4,4 ± 4,9 <sup>ab</sup>      | 3    | 9,4 ± 8,2 <sup>bc</sup>  | 34  | 8                         |
| Webbs Preisnuss           | 21,4 ± 8,2 <sup>c</sup>      | 11   | 6,2 ± 3,7 <sup>abc</sup> | 21  | 5                         |
| Wunder aus Bollweiler     | 29,6 ± 5,2 <sup>c</sup>      | 8    | 25,6 ± 40,0 <sup>c</sup> | 154   | 34                        |
| Mittelwert                | 16,3                         | 9,4  | 15,6                     | 62  | 14                        |

\*) es wurde eine Baumanzahl von 800 Bäumen ha<sup>-1</sup> angenommen

Tab. 5. Zeitbedarf für den Schnitt im 6. (2011) und 7. (2012) Standjahr bei wurzelechten Haselnussbäumen 14 verschiedener Sorten im Spindelsystem (Pflanzabstand 4,5 m × 2,5 m)\*.

| Sorte                     | Zeitbedarf für den Schnitt  |      |                          |      |
|---------------------------|-----------------------------|------|--------------------------|------|
|                           | Sekunden Baum <sup>-1</sup> |      | Stunden ha <sup>-1</sup> |      |
|                           | 2011                        | 2012 | 2011                     | 2012 |
| Corabel                   | 62                          | 281  | 14                       | 62   |
| Cosford                   | 111                         | 378  | 25                       | 84   |
| Eckige Barceloner         | 84                          | 255  | 19                       | 57   |
| Emoa 1                    | 36                          | 170  | 8                        | 38   |
| Englische Riesennuss      | 104                         | 311  | 23                       | 69   |
| Gunslebener Zellernuss    | 115                         | 278  | 26                       | 62   |
| Gustavs Zellernuss        | 116                         | 356  | 26                       | 79   |
| Hallesche Riesennuss      | 187                         | 367  | 42                       | 82   |
| Nottinghams Fruchtbare    | 75                          | 250  | 17                       | 55   |
| Pauetet                   | 113                         | 188  | 25                       | 42   |
| Rotblättrige Lambertsnuss | 84                          | 296  | 19                       | 66   |
| Tonda di Giffoni          | 42                          | 219  | 9                        | 49   |
| Webbs Preisnuss           | 57                          | 174  | 13                       | 39   |
| Wunder aus Bollweiler     | 173                         | 384  | 38                       | 85   |
| Mittelwert                | 97                          | 279  | 22                       | 62   |

\*) es wurde eine Baumanzahl von 800 Bäumen ha<sup>-1</sup> angenommen

schwankenden Befruchtungserfolg führen können. Zudem können Frostereignisse und die generelle Neigung von Haselnüssen zur Alternanz Ertragsschwankungen hervorrufen (Bregaglio et al., 2021). Trotz Ertragsschwankungen zeigten die Sorten 'Eckige Barceloner' und 'Emoa 1' im vorliegenden Versuch jährlich Erträge über  $1,3 \text{ t ha}^{-1}$  und  $1,7 \text{ t ha}^{-1}$ . Zwar weist die Sorte 'Webbs Preisnuss' hohe Erträge auf, doch haben Lambertnüsse und Lamberthybriden häufig eine längliche Form (Ilić et al., 2017), was bei der mechanischen Sortierung zu einem höheren Aufwand im Vergleich zu rund geformten Nüssen führt. Zellernüsse haben eine rundlichere Form und eignen sich daher besser als Lambertnüsse und Lamberthybriden für eine mechanische Weiterverarbeitung. Bei der Sorte 'Tonda di Giffoni' sind Länge und Breite der Früchte fast identisch (Taghavi et al., 2020). Ein weiterer Nachteil von Lambertnüssen und Lamberthybriden ist der geschlossene Kelch, der, nachdem die Nüsse vom Baum gefallen sind, häufig mit der Frucht verbunden bleibt und somit aufwendig mechanisch zu entfernen ist. Bei Zellernüssen fallen die meisten Früchte aus dem Kelch und können anschließend mechanisch aufgelesen oder -gesaugt werden (Kirchmeier & Demmel, 2010). Qualitätseigenschaften und Inhaltsstoffe der Früchte bei den untersuchten Sorten sowie ihr Wuchsverhalten wurden in einer vorherigen Studie beschrieben (Müller et al., 2020).

Die jährlichen Schwankungen im Anteil an leeren Nüssen können auf die Faktoren Luftfeuchtigkeit, Einstrahlung, Niederschlag und Bewässerung zurückgeführt werden (Silva et al., 1996): Eine hohe Einstrahlung sowie eine ausreichende Bewässerung reduzieren den Anteil leerer Nüsse (Bignami et al., 2009), während Niederschläge und eine hohe Luftfeuchtigkeit den Anteil an leeren Nüssen fördern (Silva et al., 1996).

Das Spindelsystem hat im Vergleich zu Systemen mit mehreren Stämmen den Vorteil, dass die unteren und inneren Bereiche der Krone besser belichtet werden. Das soll zu einer gleichmäßigen Fruchtqualität führen, denn eine ausreichende Belichtung ist die Grundlage für die Blütenbildung und eine hohe Fruchtqualität (Hampson et al., 1996). Zudem sind die Kronen leicht zugänglich, was vorteilhaft beim Schnitt und bei der Benetzung aller Baumteile beim Pflanzenschutz ist. Um die Belichtung der inneren Bereiche der Baumkronen sicherzustellen, ist im Spindelsystem ein jährlicher Schnitt erforderlich. Roversi & Malvicini (2014) geben bei zehnjährigen Bäumen im Pflanzabstand  $5 \text{ m} \times 6 \text{ m}$  einen Zeitbedarf für den Schnitt von maximal 177 Sekunden pro Pflanze an, was einem Zeitbedarf von  $15 \text{ h ha}^{-1}$  entspricht. Im hier beschriebenen Versuch lag 2011 der mittlere Zeitbedarf für den Schnitt leicht, im Jahr 2012 deutlich darüber. Die Unterschiede zwischen den beiden Jahren sind darauf zurückzuführen, dass 2012 einige starke Leittriebe eingekürzt wurden, was zu einem höheren Zeitbedarf für den Schnitt als in 2011 führte. Zusätzlich zum Kronenschnitt sind bei unveredelten Haselnusspflanzen jährlich Wasserschosser zu entfernen. Wegen einer hohen Anzahl an Wasserschossern in Kombination mit niedrigen Fruchtgewichten ist die Sorte 'Rotblättrige Lambertnuss' nicht für den erwerbsmäßigen Anbau geeignet. Die Anzahl an Wasserschossern pro Baum ist bei den restlichen Sorten ähnlich derjenigen aus vorherigen Anbauversuchen (Tous et al., 2009; Rovira et al., 2014). Der Zeitbedarf für das Entfernen der Wasserschosser zusammen mit dem Schnitt lag

etwas unter dem Schnittbedarf für Apfelproduktionsanlagen von ca.  $80 \text{ h ha}^{-1}$  (Verbiest et al., 2020).

## Fazit

Die Ergebnisse dieses Sortenversuches zeigten, dass sich verschiedene Sorten für den Anbau im Spindelsystem in Mitteldeutschland eignen. Zellernüsse sind, aufgrund der runden Form und der hohen Lösbarkeit der Frucht aus dem Kelch, für den Anbau generell zu bevorzugen. Die Sorten 'Eckige Barceloner' und 'Emoa 1' hatten die höchsten Erträge, während die Sorten 'Corabel', 'Hallesche Riesennuss' und 'Wunder aus Bollweiler' die größten Fruchtmassen erzielten. Die Sorte 'Corabel' hatte zusätzlich den geringsten Anteil an leeren Nüssen. Die Sorten 'Emoa 1' und 'Gunslebener Zellernuss' zeigten die geringste Bildung von Wurzelschossern, und zusätzlich war bei 'Emoa 1' der Zeitbedarf für den Winterschnitt am geringsten. In einem intensiven Anbausystem hat die Sortenwahl einen entscheidenden Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit von Haselnussanlagen.

## 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

Der Autor und die Autorin erklären, dass keine Interessenskonflikte vorliegen.

## Literatur

**Auswertungs- und Informationsdienst für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (AID), 1960:** Deutscher Nußkatalog 1960 – Richtlinien für den Wal- und Haselnußanbau, Land- und Hauswirtschaftlicher Informationsdienst, Bonn/Bad Godesberg.

**Bak, T., T. Karadeniz, 2021:** Effects of branch number on quality traits and yield properties of European hazelnut (*Corylus avellana* L.). *Agriculture* **11**, 437, DOI: 10.3390/agriculture11050437.

**Beyhan, N., 2007:** Effects of planting density on yield and quality characteristics of hazelnut (cv. Palaz) in a hedgerow training system. *Canadian Journal of Plant Science* **87**, 595–597, DOI: 10.4141/P05-064.

**Bignami, C., V. Cristofori, P. Ghini, E. Rugini, 2009:** Effects of irrigation on growth and yield components of hazelnut (*Corylus avellana* L.) in Central Italy. *Acta Horticulturae* **845**, 309–314, DOI: 10.17660/ActaHortic.2009.845.47.

- Bregaglio, S., K. Fischer, F. Ginaldi, T. Valeriano, L. Giustarini, 2021:** The HADES yield prediction system – A case study on the Turkish hazelnut sector. *Frontiers in Plant Science* **12**, 665471, DOI: 10.3389/fpls.2021.665471.
- Büttner, C.G., 1798:** Die hallische Riesen-Nuß. In: Sickler, J.V.: *Der Teutsche Obstgärtner*, Band 10, Weimar, Industrie-Comptoir, 346-351.
- Črepinšek, Z., F. Štampar, L. Kajfež-Bogataj, A. Solar, 2012:** The response of *Corylus avellana* L. phenology to rising temperature in north-eastern Slovenia. *International Journal of Biometeorology* **56** (4), 681-69, DOI: 10.1007/s00484-011-0469-7.
- Statistisches Bundesamt (DESTATIS), 2021:** Land- und Forstwirtschaft, Fischerei. Bodennutzung der Betriebe (Landwirtschaftlich genutzte Flächen). Fachserie 3, Reihe 3.1.2.
- 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>.
- Đurić, G., P. Ilić, G. Mičić, N. Mičić, 2021:** Hazel cultivation in Bosnia and Herzegovina. *Acta Horticulturae* **1308**, 133-140, DOI: 10.17660/ActaHortic.2021.1308.20.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2021:** Faostat Datenbank. URL: <https://www.fao.org>, Zugriff: 03.03.2022.
- Friedrich, G., 1993:** Haselnüsse. In: Friedrich, G. (Hrsg.): *Handbuch des Obstbaus*, Radebeul, Neumann Verlag GmbH, 286-288.
- Germain, E., J.P. Sarraquigne, 1997:** Hazelnut training systems: comparison between three systems used on three varieties. *Acta Horticulturae* **445**, 237-246, DOI: 10.17660/ActaHortic.1997.445.33.
- Gökirmak, T., S.A. Mehlenbacher, N.V. Bassil, 2009:** Characterization of European hazelnut (*Corylus avellana*) cultivars using SSR markers. *Genetic Resources and Crop Evolution* **56**, 147-172, DOI: 10.1007/s10722-008-9352-8.
- Hampson, C.R., A.N. Azarenko, J.R. Potter, 1996:** Photosynthetic rate, flowering, and yield component alteration in hazelnut in response to different light environments. *Journal of the American Society for Horticultural Science* **121** (6), 1103-1111, DOI: 10.21273/JASHS.121.6.1103.
- Holst, D., 2010:** Hazelnut economy of early Holocene hunter-gatherers: a case study from Mesolithic Duvensee, Northern Germany. *Journal of Archaeological Science* **37** (11), 2871-2880, DOI: 10.1016/j.jas.2010.06.028.
- Ilić, P., N. Mičić, G. Đurić, S. Tojnko, A. Solar, B. Bosančić, 2017:** Pomological identification of hazel cultivars (*Corylus avellana* L.) in plantations in Bosnia and Herzegovina. *Agriculturae Conspectus Scientificus* **84**, 389-394, URL: <https://hrcak.srce.hr/193535>.
- Ilić, P., G. Đurić, N. Mičić, H. Flachowsky, 2018:** Dynamics of flowering of male and female inflorescence and pollen germination of hazel in the conditions of the Banja Luka region. *Acta Horticulturae* **1229**, 313-318, DOI: 10.17660/ActaHortic.2018.1229.47.
- Kirchmeier, H., M. Demmel, 2010:** Mechanisierung des Haselnussanbaus in Deutschland. *Landtechnik* **65** (4), 290-292, DOI: 10.15150/lt.2010.504.
- Mehlenbacher, S.A., 2014:** Geographic distribution of incompatibility alleles in cultivars and selections of European hazelnut. *Journal of the American Society for Horticultural Science* **139** (2), 191-212, DOI: 10.21273/JASHS.139.2.191.
- Müller, A.K., U. Helms, C. Rohrer, M. Möhler, F. Hellwig, M. Glei, T. Schwerdtle, S. Lorkowski, C. Dawczynski, 2020:** Nutrient composition of different hazelnut cultivars grown in Germany. *Foods* **9**, 1596, DOI: 10.3390/foods9111596.
- Piskornik, Z., 1994:** Hazelnut culture in Poland – the past, present and future in outline. *Acta Horticulturae* **351**, 49-54, DOI: 10.17660/ActaHortic.1994.351.3.
- 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/>.
- Roversi, A., G.L. Malvicini, 2014:** Effects of manual pruning on hazelnut yield and fruit quality. *Acta Horticulturae* **1052**, 175-178, DOI: 10.17660/ActaHortic.2014.1052.22.
- Rovira, M., 2021:** Advances in hazelnut (*Corylus avellana* L.) rootstocks worldwide. *Horticulturae* **7**, 267, DOI: 10.3390/horticulturae7090267.
- Rovira, M., J. Tous, J.F. Hermoso, A. Romero, 2014:** Performance of eleven hazelnut cultivars from different countries in Tarragona (Spain). *Acta Horticulturae* **1052**, 35-40, DOI: 10.17660/ActaHortic.2014.1052.3.
- Schepers, H.T.A.M., E.F.J. Kwanten, 2005:** Selection and breeding of hazelnut cultivars suitable for organic cultivation in the Netherlands. *Acta Horticulturae* **686**, 87-90, DOI: 10.17660/ActaHortic.2005.686.9.
- Silva, A.P., R.M. Ribeiro, A. Santos, E. Rosa, 1996:** Blank fruits in hazelnut (*Corylus avellana* L.) cv. 'Butler': characterization and influence of climate. *Journal of Horticultural Science* **71** (5), 709-720, DOI: 10.1080/14620316.1996.11515451.
- Sokol, M., 2018:** Cultivation of hazelnut tree trained with double vertical spindle shape. *Acta Horticulturae* **1226**, 251-254, DOI: 10.17660/ActaHortic.2018.1226.37.
- Taghavi, T., A. Dale, J.M. Kelly, D. Galic, A. Rahemi, 2020:** Performance of hazelnut cultivars and selections in southern Ontario. *Canadian Journal of Plant Science* **100**, 537-548, DOI: 10.1139/cjps-2019-0161.
- Tous, J., A. Romero, M. Rovira, J.F. Hermoso, 2009:** Performance of 'Negret' 149 hazelnut cultivar grafted on 4 rootstocks in Catalonia (Spain). *Acta Horticulturae* **845**, 89-94, DOI: 10.17660/ActaHortic.2009.845.8.
- Verbiest, R., K. Ruysen, T. Vanwallegem, E. Demeester, K. Kellens, 2020:** Automation and robotics in the cultivation of pome fruit: Where do we stand today? *Journal of Field Robotics* **38** (4), 513-531, DOI: 10.1002/rob.22000.
- Wertheim, S.J., 1994:** Hazelnut-cultivar evaluation in The Netherlands. *Acta Horticulturae* **351**, 71-78, DOI: 10.17660/ActaHortic.1994.351.7.