

Einfluss von Temperaturstress auf Ertrag und spezifische Qualitäten von *Lupinus angustifolius* L.

Influence of temperature stress on yield and specific qualities of *Lupinus angustifolius* L.

Gisela Jansen^{1*}, Hans-Ulrich Jürgens¹ und Sylvia Seddig¹

Abstract

Yield and seed composition of *Lupinus angustifolius* cultivars is influenced by the environment. One of the most important environmental factors is the temperature during the time period between the initiation of flowering and pod ripening. As a consequence of global warming, higher temperatures can limit the productivity of *L. angustifolius* by reducing yield and increasing the content of antinutritive substances. Temperature stress experiments have shown that the alkaloid content of seeds is increasing with rising temperature. At a higher temperature the alkaloid content of some lupin cultivars was above the threshold for animal and human consumption, but the cv. Vitabor maintained a low alkaloid content even under higher temperatures. Higher temperatures did

not only lead to a decrease in yield, but also to a small increase in the protein content. Despite the lower protein content at lower temperatures, the protein yield was higher due to higher seed yield at lower temperatures. For feeding of animals and for a possible use in human nutrition a high yield, a high protein content and a low alkaloid content under varying temperature is desirable in breeding programs of *L. angustifolius*. The influence of temperature on these traits has to be taken into account during selection.

Keywords

Alkaloids, global warming, lupin, protein, temperature stress, yield

Einleitung

Der Anbau und die Züchtung von Körnerleguminosen sind in Deutschland seit Jahren rückläufig und der Ertragsfortschritt ist im Vergleich zu anderen Fruchtarten gering. Es fehlen für eine Vermarktung große einheitliche Partien mit definierter Qualität (SPECHT 2009). Dies gilt auch für die Süßlupinen als Vertreter der heimischen Körnerleguminosen mit dem höchsten Proteingehalt. Hohe und stabile Erträge sowie sichere Qualität gehören heute zu den Herausforderungen in der Züchtung von *Lupinus angustifolius* L., wobei der Proteingehalt und der Alkaloidgehalt maßgeblich die Körnerqualität bestimmen (EICKMEYER 2009).

Immer wieder wird eine starke Witterungsabhängigkeit bei Körnerleguminosen bezüglich Ertrags- und Qualitätsmerkmalen beobachtet. So kam es auch auf guten Böden in den Jahren 2003 und 2006, die durch Hitze und Trockenheit gekennzeichnet waren, zu Ertragseinbußen (GUDDAT 2009).

Zur Sicherung des Ertragspotentials gilt es bei Blauen Süßlupinen zum einen noch vorhandene Wildpflanzenmerkmale wie Hülsenplatzen, Kalkchlorosen, vorzeitigen Blüten- bzw. Hülsenabwurf und ungleichmäßige Abreife züchterisch zu verbessern (EICKMEYER 2009). Zum anderen muss die Toleranz gegenüber biotischen und abio-

tischen Faktoren (u.a. Krankheiten, tierische Schaderreger sowie Temperatur- und Trockenstress) verbessert werden. Zusätzlich wird auf Grund einer unbefriedigenden Herbizid-Zulassungssituation (HEIDEL 2009) zur Bekämpfung von Unkräutern eine rasche Jugendentwicklung angestrebt. Ein weiterer Faktor, der den Ertrag und die Qualität beeinflusst, ist die Bodenqualität, wobei es auf ungünstigen Standorten mit hohen pH-Werten zu erheblichen Ertragsreduzierungen und geringeren Proteingehalten kommen kann (JANSEN et al. 2005, 2010).

Im folgenden Beitrag wird der Einfluss der Umwelt während der Wachstumsperiode auf den Ertrag und die Qualität von Blauen Süßlupinen diskutiert.

Einfluss der Anbauweise auf den Ertrag

Trotz der aufgezählten negativen Einflussgrößen auf den Ertrag von Lupinen konnten auf guten Böden auch unter ökologischen Bedingungen über einen Zeitraum von sieben Jahren zufrieden stellende Ertragsleistungen erzielt werden. In *Abbildung 1* werden die mittleren Erträge von 7 Sorten (Boregine, Borlu, Bora, Azuro, Boruta, Sonet, Vitabor) auf einem ökologisch bewirtschafteten Versuchsfeld in Groß Lüsewitz gezeigt. Es handelt sich hierbei um einen Standort mit einem pH-Wert von 5,8, einer Bodenwertzahl von 47 und

¹ Julius Kühn-Institut (JKI), Institut für Resistenzforschung und Stresstoleranz, OT Groß Lüsewitz, Rudolf-Schick-Platz 3, D-18190 SANITZ

* Ansprechpartner: Gisela JANSEN, gisela.jansen@jki.bund.de

einer durchschnittlichen Niederschlagsmenge von etwa 620 mm. Dieser Boden ist auf Grund seines pH-Wertes für einen Lupinenanbau sehr gut geeignet und verfügt darüber hinaus mit der relativ hohen Bodenwertzahl über ein deutlich höheres Ertragspotential gegenüber leichten Sandstandorten. Im Jahr 2007 wurden die geringsten Erträge erzielt. Dies verdeutlicht auch *Abbildung 2*, in der der mittlere Samenertrag von Boregine im ökologischen und konventionellen Anbau dargestellt ist. Die Ursache für den geringen Ertrag im Jahr 2007 ist in einem erschwerten Auflaufen und einer schlechten Jugendentwicklung durch starke Trockenheit zu sehen. Der Bestand wurde zusätzlich, insbesondere im konventionellen Anbau, durch Hasenfraß geschädigt. Bereits im Anbaujahr 2006 konnten in einem Sortiment von 14 Blauen Lupinen Unterschiede im Ertrag zwischen den Anbausystemen ökologisch und konventionell festgestellt werden (JANSEN und SEDDIG 2007). Im ökologischen Anbau wurden trotz der Eigenversorgung mit Stickstoff aus der Luft etwas niedrigere Erträge als im konventionellen Anbau erzielt. Der Unterschied betrug im Jahr 2006 im Durchschnitt etwa 3 dt.ha⁻¹ und war hoch signifikant. Eine signifikante Differenz konnte in den Anbaujahren 2008 bis 2010 bestätigt werden (*Abbildung 2*).

In Feldversuchen wirken komplexe Einflussgrößen auf den Ertrag. Soll nur eine Einflussgröße wie z.B. die Temperatur während der Blühphase und Hülsenbildung betrachtet werden, ist es notwendig, alle anderen Faktoren konstant zu halten. Dazu werden in den folgenden Kapiteln Ergebnisse von Klimakammerversuchen zum Einfluss von unterschiedlichen Anzucht-Temperaturen auf den Ertrag und auf die Qualität von Blauen Lupinen vorgestellt.

Temperatureinfluss auf den Ertrag

Hohe Temperaturen können die Produktivität von Lupinen sowohl in mediterranen als auch in gemäßigten Klimazonen negativ beeinflussen (DRACUP et al. 1998). Insbesondere während der Blühphase und Hülsenentwicklung führen diese zu Ertragseinbußen. Das stellten bereits DOWNES und GLADSTONE (1984) fest. Dabei reagieren Lupinen wesentlich empfindlicher auf hohe Temperaturen als z. B. Erbsen (JANSEN, unveröffentlicht).

In einem Klimaschrankversuch wurden Lupinen unter Langtagbedingungen mit Tag/Nacht-Temperaturen von 30/16°C (mittlere Temperatur 25°C) und 20/16°C (mittlere Temperatur 19°C) im Vergleich zu einer Kontrolle mit einer mittleren Temperatur von 16°C angebaut. Eine Erhöhung der mittleren Temperatur von 19 auf 25°C führte bei den Sorten Haags Blaue, Boruta und Probor zu einem extrem

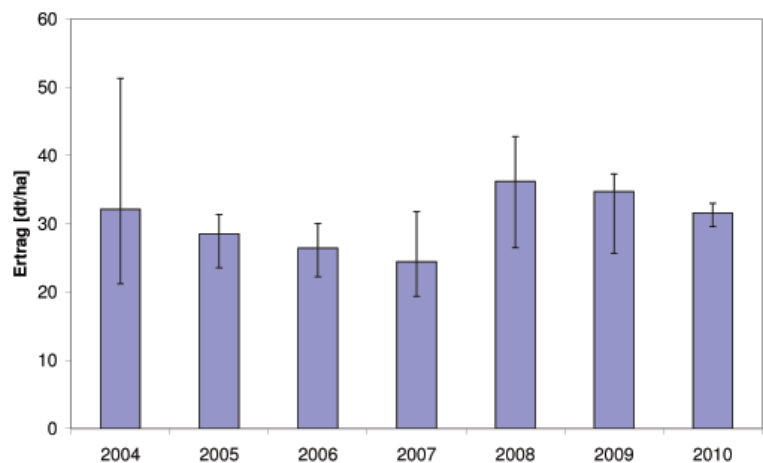


Abbildung 1: Mittlerer Ertrag von sieben Sorten Blaue Lupinen über einen Zeitraum von sieben Jahren auf einem ökologisch bewirtschafteten Standort in Groß Lüsewitz

Figure 1: Mean yield of seven blue lupin varieties over a period of seven years at an organic managed site in Groß Lüsewitz

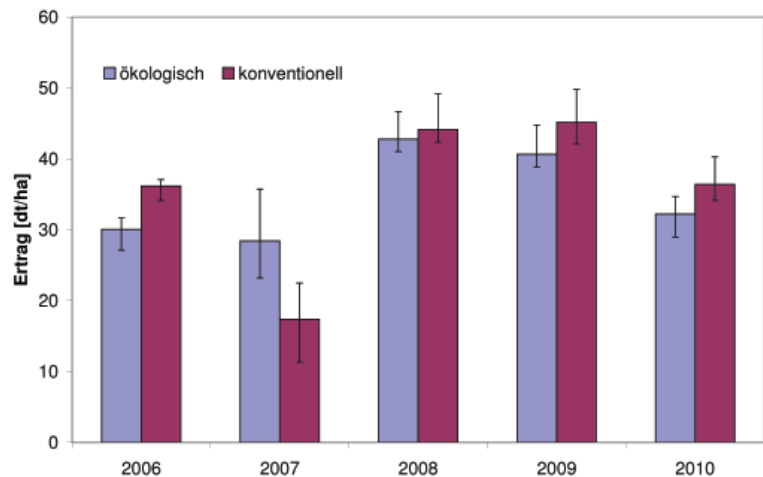


Abbildung 2: Ertrag von Boregine im ökologischen und konventionellen Anbau

Figure 2: Yield of Boregine in organic and conventional farming

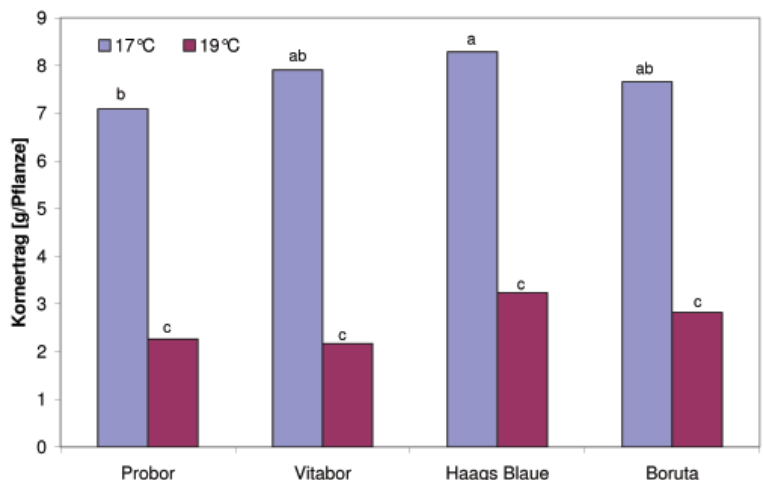


Abbildung 3: Einfluss der mittleren Temperatur vom Blühbeginn bis zur Abreife auf den Samenertrag von Blauen Lupinen (verschiedene Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede bei $\alpha = 0,05$)

Figure 3: Effect of temperature on yield of seeds during flowering up to ripening period (different letters indicate significant differences at $\alpha = 0,05$)

niedrigen Hülsenansatz, wobei für die Sorten entsprechend bei 19°C Kornerträge von 2,3, 3,0 und 2,7 g pro Pflanze und bei 25°C nur 0,1, 0,2 und 0,6 g pro Pflanze ermittelt wurden (JANSEN 2008). In einem weiteren Versuch in klimatisierten Gewächshauskabinen, bei dem die Temperaturdifferenzen deutlich verringert wurden (ab Blühbeginn eine mittlere Temperatur von 17°C (18/13 °C) und 19°C (20/16°C), kam es noch zu deutlichen Ertragsunterschieden (Abbildung 3).

Temperatureinfluss auf den Bitterstoffgehalt

Der Bitterstoffgehalt (Alkaloidgehalt) im Samen von Blauen Lupinen wird ebenfalls stark durch die Temperatur vom Blühbeginn bis zur Abreife der Hülsen beeinflusst (JANSEN et al. 2009). Das konnte sowohl im Freiland, als auch in Versuchen in Klimaschränken und Gewächshauskabinen bestätigt werden. Mit höheren Temperaturen kommt es zu einem Anstieg im Alkaloidgehalt. In Süßlupinen, die ein etwas höheres Niveau im Alkaloidgehalt aufweisen, wie Borlu, Boregine, Boruta und Bora, können die allgemein geltenden Richtwerte für die Tierfütterung (0,05% Alkaloide) und für die menschliche Ernährung (0,02% Alkaloide) überschritten werden. Das könnte in sehr warmen Jahren auch zu Problemen bei der Sortenerkennung von Süßlupinen führen.

In *Abbildung 4* sind als Beispiel die Ergebnisse eines Feldversuchs dargestellt. Im Jahr 2006 mit überdurchschnittlich warmen Temperaturen zwischen Blühbeginn und Abreife kam es bei der Sorte Boruta zu einer Überschreitung der Schwellenwerte. Dagegen blieb die extrem alkaloidarme Sorte Vitabor in diesem Versuch und in weiteren Versuchen in Klimaschränken unter den Richtwerten (JANSEN et al. 2009). Um Blaue Süßlupinen in Zukunft uneingeschränkt in der Tier- und Humanernährung einsetzen zu können, besteht insbesondere vor dem Hintergrund des Klimawandels die Herausforderung für die Züchtung, Sorten mit sehr geringen Alkaloidgehalten zur Verfügung zu stellen.

Temperatureinfluss auf den Proteingehalt

Ein weiteres Zuchtziel bei Blauen Lupinen sind neben einem geringen Gehalt an Alkaloiden hohe Proteingehalte. Niedrige Temperaturen (16°C) während der Kornfüllungsphase reduzieren den Proteingehalt Blauer Süßlupinen signifikant (JANSEN 2008). NAYYER et al. (2007) beschreiben bei Kichererbsen ebenfalls eine geringe Proteinakkumulation bei geringen Temperaturen während der Kornfüllungsphase. Eine Erhöhung der Temperatur auf 19 bzw. 25°C

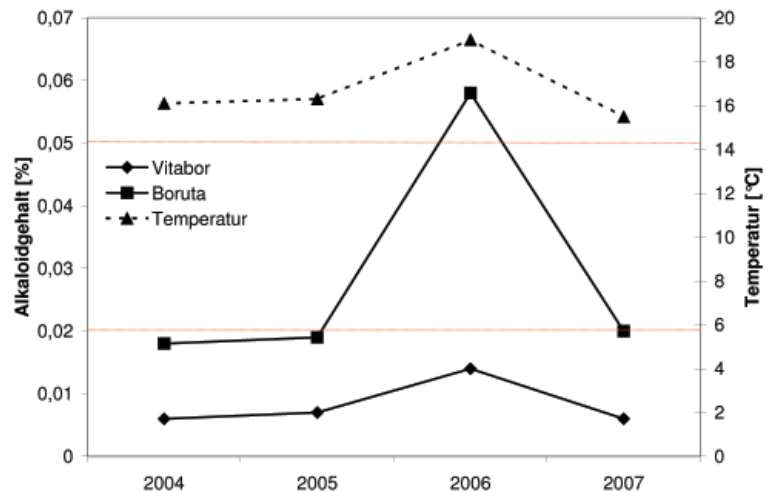


Abbildung 4: Einfluss der Anbautemperatur auf den Alkaloidgehalt verschiedener Blauer Süßlupinen in Feldversuchen

Figure 4: Influence of cultivation temperature on the alkaloid content of different sweet blue lupin cultivars under field conditions

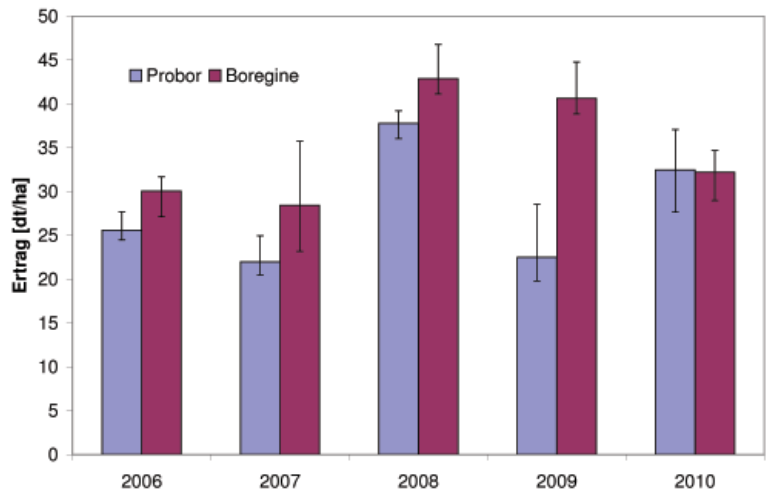


Abbildung 5: Kornertrag von Boregine und Probor im fünfjährigen ökologischen Anbau Figure 5: Grain yield of Boregine and Probor during five-year organic cultivation

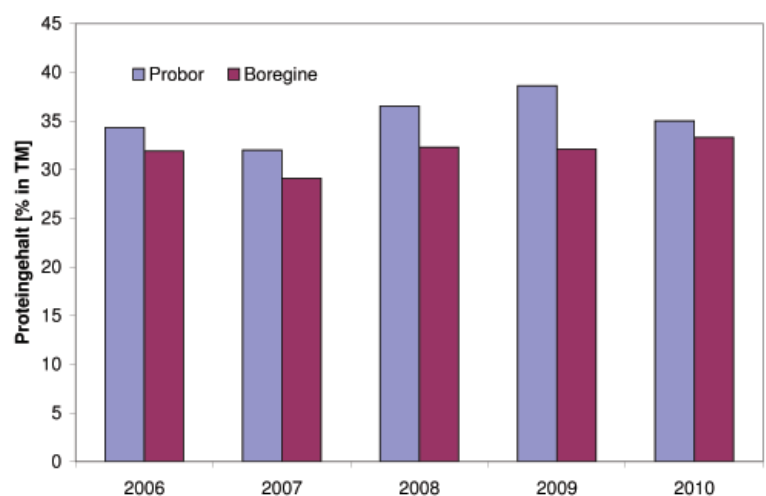


Abbildung 6: Proteingehalt von Boregine und Probor im fünfjährigen ökologischen Anbau Figure 6: Protein content of Boregine and Probor during five-year organic cultivation

führt zu einer Erhöhung des Proteingehaltes gegenüber einer Kultivierung bei 16°C (JANSEN 2008). Dieser Effekt war jedoch in unseren Experimenten gering, verglichen mit den Ertragsverlusten, die bei hohen Temperaturen zum Tragen kommen, so dass bei niedrigen Temperaturen trotzdem höhere Proteinerträge erzielt werden.

Ertrags- und Qualitätsfortschritt am Beispiel von Boregine und Probor

Die Sorte Boregine zählt seit Jahren zu den ertragsstarken Blauen Lupinensorten (BUNDESSORTENAMT 2009). Im Jahr 2004 konnten Erträge von über 40 bzw. 50 dt.ha⁻¹ auf ökologischen Standorten in Mecklenburg-Vorpommern mit Bodenwertzahlen von 29 bzw. 47 erzielt werden. Leider verfügt diese Sorte über etwas geringere Proteingehalte als andere Sorten (JANSEN et al. 2005). Mit der im Jahr 2005 zugelassenen Sorte Probor steht erstmals eine Sorte mit hohem Proteingehalt zur Verfügung, die außerdem eine relativ hohe Ertragsleistung aufweist (BUNDESSORTENAMT 2009). Im ökologischen Anbau schwankte der Kornertrag von Boregine im Anbauzeitraum 2006 - 2010 zwischen 28 und 43 dt.ha⁻¹ und bei Probor zwischen 22 und 38 dt.ha⁻¹ (Abbildung 5). Den höchsten Proteingehalt erzielte Probor 2009 mit 38% in der Trockensubstanz und Boregine 2010 mit 33% in der Trockensubstanz (Abbildung 6). Die Unterschiede im Kornertrag und im Proteingehalt zwischen den Sorten Boregine und Probor waren auch unter ökologischen Bedingungen signifikant ($P < 0,05$). Der etwas höhere mittlere Proteinertrag der Sorte Boregine (11 dt.ha⁻¹) war jedoch im Vergleich zur Sorte Probor (10 dt.ha⁻¹) nicht signifikant ($P > 0,05$).

Da die Blaue Stüßlupine aus züchterischer Sicht ein relativ junges Objekt ist, wird ein Zuchtfortschritt sowohl in Bezug auf den Kornertrag als auch auf den Proteingehalt erwartet. Auf Grund der starken Beeinflussung beider Parameter durch die Umwelt und insbesondere durch die Temperatur während der Wachstumsperiode, sollten stressbedingte Veränderungen in diesen Parametern stärkere Beachtung finden.

Danksagung

Die Autoren danken Frau Regine Dieterich und Herrn Dr. Bernhard Saal von der Saatzucht Steinach GmbH & Co KG für die Diskussion der Ergebnisse.

Für die Bereitstellung des Lupinenmaterials danken wir ebenfalls der Saatzucht Steinach GmbH & Co KG.

Literatur

- BUNDESSORTENAMT, 2009: Beschreibende Sortenliste: Getreide, Mais, Ölfrüchte, Leguminosen (großkörnig), Hackfrüchte (außer Kartoffeln). Deutscher Landwirtschaftsverlag, Hannover.
- DOWNES RW, GLADSTONES JS, 1984: Physiology of growth and seed production in *Lupinus angustifolius* L. I. Effects on pod and seed set of controlled short duration high temperatures at flowering. Aust. J. Agric. Res. 35, 493-499.
- DRACUP M, TURNER NC, TANG C, READER M, PALTA J, 1998: Responses to abiotic stresses. In: Gladstones JS, Atkins CA, Hamblin J (Eds.), *Lupinus as Crop Plants: Biology, Production and Utilization*, pp. 227-262. CAB International, Wallingford, Oxon, UK.
- EICKMEYER F, 2009: Alte und neue Herausforderungen in der Züchtung von Leguminosen. *Journal für Kulturpflanzen* 61, 352-358.
- GUDDAT C, 2009: Landessortenversuche zu Körnerleguminosen in den ostdeutschen Bundesländern - Ergebnisse aus der Arbeit der Landerdienststellen Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen. *Journal für Kulturpflanzen* 61, 318-323.
- HEIDEL W, 2009: Zulassungen/Genehmigungen zur Anwendung von Pflanzenschutzmitteln in Leguminosen in Deutschland. *Journal für Kulturpflanzen* 61, 332-340.
- JANSEN G, 2008: Effects of temperature on the yield and protein content of cultivars of *Lupinus angustifolius*. In: Palta JA, Berger JB (Eds.), *Lupins for Health and Wealth, Proc. 12th Int. Lupin Conf.*, 14-18 Sept., Fremantle, Western Australia, 342-345. Int. Lupin Ass., Canterbury, New Zealand.
- JANSEN G, SEDDIG S, 2007: Ökologisch und konventionell erzeugte Leguminosen - Erträge und ausgewählte Qualitätsparameter im Vergleich. *Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft* 314, 41-51.
- JANSEN G, EICKMEYER F, MICHEL V, 2010: Einfluss von Kalkung und pH-Wert im Boden auf Kornertrag und Eiweißgehalt von *Lupinus angustifolius* L. *Journal für Kulturpflanzen* 62, 367-375.
- JANSEN G, JÜRGENS HU, FLAMME W, 2005: Einfluss von Standort und Sorte auf ausgewählte Qualitätsparameter ökologisch erzeugter Lupinen für die Nutztierfütterung. *Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft* 290, 1-9.
- JANSEN G, JÜRGENS HU, ORDON F, 2009: Effects of temperature on the alkaloid content of seeds of *Lupinus angustifolius* cultivars. *J. Agron. Crop Sci.* 195, 172-177.
- NAYYAR H, KAUR G, KUMAR S, UPADHYAYA HD, 2007: Low temperature effects during seed filling on chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.): Probing mechanisms affecting seed reserves and yield. *J. Agron. Crop Sci.* 193, 336-344.
- SPECHT M, 2009: Anbau von Körnerleguminosen in Deutschland - Situation, limitierende Faktoren und Chancen. *Journal für Kulturpflanzen* 61, 302-305.