

Lebensmi

Optimierte N-Düngung in der Chicorée-Produktion

Reto Neuweiler¹, Jürgen Krauss¹, Peter Konrad² und Thomas Imhof²

¹Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil ACW, CH-8820 Wädenswil

²Bildungs- und Beratungszentrum Arenenberg, CH-8268 Salenstein

Auskünfte: Reto Neuweiler, E-Mail: reto.neuweiler@acw.admin.ch, Fax +41 44 780 63 41, Tel. +41 44 783 64 53

Zusammenfassung

In den Jahren 2004 bis 2006 wurden verschiedene Strategien der Stickstoffdüngung im Anbau von Chicoréewurzeln bei der Sorte Vintor geprüft. Neben der Wurzelentwicklung wurde in der Treiberei die Bildung der Chicoréesprossen aus den unterschiedlich mit Stickstoff versorgten Wurzeln untersucht. Eine erhöhte Stickstoffdüngung führte wiederholt zu Zunahmen im Nitratgehalt der Blattstiele. Während der Wurzeldurchmesser nicht durch die Stickstoffdüngung beeinflusst wurde, führten hohe Stickstoffgaben zu einem erhöhten Stickstoffgehalt in den Chicoréewurzeln.

Eine massvolle Stickstoffdüngung während der Wurzelproduktion beeinflusste die Qualität der Chicoréesprossen positiv. Dabei führte eine Düngungsstrategie, bei der zur Saat 30 kg N/ha sowie im weiteren Kulturverlauf drei Stickstoffgaben zu je 15 kg N/ha zwischen der 5. und 11. Kulturwoche ausgebracht wurden, durchwegs zu den höchsten Erträgen an Chicoréesprossen der Qualitätsstufe 1. Ein erhöhtes Niveau der Stickstoffdüngung verringerte die Kompaktheit der Chicoréesprossen, die zudem in erhöhtem Masse offene Spitzen aufwiesen. Aufgrund der vorliegenden Versuchsergebnisse können auf sandigen Lehmböden zu düngende Gesamtmengen an Reinstickstoff bis zu 90 kg N/ha empfohlen werden. Bei der Bemessung der Stickstoffdüngung sind die im Boden vorliegenden N_{\min} -Gehalte zu berücksichtigen. Die Stickstoffdüngung im Anbau von Chicoréewurzeln muss in verschiedene Teilgaben unterteilt werden, die zwischen der Saat und Mitte August ausgebracht werden.

Die Chicoréeproduktion ist in Europa mit über 60 % in Frankreich am stärksten verbreitet. Weitere 30 % der Chicoréesprossen stammen aus Belgien und den Niederlanden (Wonneberger & Keller 2004). In der Schweiz hat diese Kultur in den vergangenen Jahren stark an Bedeutung

gewonnen. Die Anbaufläche liegt derzeit bei rund 300 ha. Davon ist je die Hälfte im Kanton Waadt, dem traditionellen Anbaubereich für Chicorée, und in den Ostschweizer Kantonen St. Gallen und Thurgau angesiedelt, wo der Chicoréeanbau in jüngster Zeit stark ausgedehnt wurde.

Systematik und Biologie

Die Salatzichorie (*Cichorium intybus* L. var. *foliosum* Hegi), in der Schweiz unter dem Begriff Chicorée bekannt, stammt von der Wegwarte (*Cichorium intybus* L. var. *intybus*) ab. Der Entwicklungszyklus der Chicoréepflanze ist zweijährig (Westerdijk 2000). Im ersten Jahr werden eine Blattrosette mit löwenzahnartigen Blättern und eine kräftige Pfahlwurzel als Speicherorgan gebildet. Nach der Überwinterung entwickelt sich im zweiten Jahr aus der Sprossknospe vorerst ein geschlossener zapfenartiger Chicoréespross, aus dem später ein bis zu 2 m hoher Blütenspross hervorgehen kann. Die Anzucht von Chicoréesprossen wurde in der Mitte des 19. Jahrhunderts in Belgien entwickelt (Vogel 1996). Der Produktionsprozess von Chicorée ist zweistufig: Im ersten Jahr werden im Freiland Chicoréewurzeln angezogen, die im Spätherbst geerntet werden. Nach der Ernte werden die Wurzeln zunächst kühl gelagert und während des Winters bis im folgenden Herbst satzweise in Spezialbetrieben, den Chicoréetreibereien, angetrieben. Während die Chicoréewurzeln traditionell in Erds substrat eingestellt wurden, ist heute die sogenannte Wassertreiberei vorherrschend. Die in Plastikwannen eingestellten Chicoréewurzeln werden in geschlossenen Kreisläufen mit Nährlösung versorgt. Die Sprossbildung erfolgt in klimatisierten, absolut dunklen Räumen, damit die Bildung von Chlorophyll unterbleibt.

Bodenansprüche der Chicorée-Kultur

Grundvoraussetzung für eine erfolgreiche Produktion von Chicoréewurzeln sind tiefgründige, eher leichte Böden mit einem mässigen Humusgehalt, die im Spätherbst eine schonende und störungsfreie Ernte zulassen (Leiteurturier *et al.* 1991).

In der Ostschweiz durchgeführte Vorversuche haben gezeigt, dass die Chicorée-Kultur bereits während der Wurzelentwicklung im Feld auf eine ausreichende Versorgung mit Nährstoffen, insbesondere mit Kalium angewiesen ist (Neuweiler und Flisch 2005). Den vorliegenden Versuchsergebnissen zufolge kann eine Unterversorgung mit Kalium im Feld die Entwicklung der Chicoréesprossen in der Treiberei beeinträchtigen. Wurzeln aus Versuchspartikeln eines Langzeitdüngungsversuches, die während 15 Jahren mässig bis schwach mit Kalium gedüngt worden waren, wiesen eine stark reduzierte Treibkraft auf und bildeten einen erhöhten Anteil an kleinen und zu lockeren Chicoréesprossen.

Offene Fragen zur Stickstoffdüngung

Praxisbeobachtungen deuten darauf hin, dass auch die N-Versorgung im Feld einen Einfluss auf die Wurzelqualität und den Erfolg in der anschliessenden Treiberei hat. Einerseits weisen mit Stickstoff überversorgte Chicoréepflanzen einen verzögerten Vegetationsabschluss auf, so dass die geernteten Wur-

ttel

zeln einem erhöhten Fäulnisrisiko während der Lagerung ausgesetzt sind (Krahnstöver 2004). Andererseits ist zu erwarten, dass eine Unterversorgung mit Stickstoff im Feld die Zapfenbildung negativ beeinflussen kann. Für die Anbauenden von Chicoréewurzeln stellt sich die Frage, wie die N-Versorgung im Chicoréebestand festzulegen ist, damit die geernteten Wurzeln optimale Voraussetzungen für die Treiberei aufweisen.

Da bezüglich der N-Düngung von Chicoréekulturen insbesondere unter den Standortbedingungen der Ostschweiz verschiedene Fragen offen standen, wurden entsprechende Düngungsversuche an die Hand genommen.

Im Jahre 2004 wurde erstmals ein Feldversuch zur Abklärung des Einflusses der Kopfdüngung mit Stickstoff auf die Wurzelentwicklung und die Sprossbildung in der Treiberei angelegt. Dabei wurden nach einer Grunddüngung von 30 kg N/ha zur Saat unterschiedlich hohe Mengen an Stickstoff in drei gleich hohe Teilgaben unterteilt zwischen der 5. und 11. Kulturwoche verabreicht (Tab. 1). Im Folgeversuch im Jahre 2005 wurden sowohl die Grunddüngung als auch die Kopfdüngung mit N, die zum einen wie im Vorjahr in drei Gaben zwischen der 5. und 11. Kulturwoche verabreicht wurde, variiert (Verfahren 1 bis 6). In zwei weiteren Verfahren (7 + 8) wurde die N-Düngung in fünf gleich hohe Teilgaben unterteilt. Dabei wurden nach einer Startgabe zur

Saat vier Kopfgaben zwischen der 5. und 15. Kulturwoche verabreicht.

Die Versuchsstandorte

Die Feldversuche zur N-Düngung wurden 2004 in Frauenfeld und 2005 in Lommis (TG) auf sandigen Lehmböden mit leicht basischer Reaktion (pH 7,5-7,7) und Humusgehalten von rund 3 % angelegt. Jedes N-Düngungsverfahren wurde in vier Wiederholungsblöcken geprüft.

An beiden Versuchsstandorten konnte die P-Versorgung aufgrund der durchgeführten Bodenanalysen als «genügend» eingestuft werden, so dass die Normdüngung von 50 kg P₂O₅/ha verabreicht wurde. Der Boden am Standort Frauenfeld wies eine hohe K-Versorgung auf, weshalb eine reduzierte K-Normdüngung von 100 kg K₂O/ha ausgebracht wurde. In Lommis deuteten die Bodenanalyseergebnisse auf eine genügende Versorgung mit Kalium hin, so dass die volle Normdüngung von 150 kg K₂O/ha eingesetzt wurde. Die Magnesiumversorgung lag an beiden Versuchsstandorten in der Stufe genügend, dementsprechend wurden 30 kg Mg/ha gedüngt.

Die Aussaat erfolgte am Standort Frauenfeld am 29. Mai 2004, in Lommis am 2. Juni 2005. In beiden Versuchen wurde die Sorte Vintor angebaut, die sich für die Treiberei zwischen März und Oktober eignet und hohe Ansprüche an eine bedarfsgerechte N-Versorgung stellt.

Tab. 1. Die geprüften N-Düngungsverfahren im Überblick

Düngungsverfahren	Grunddüngung (kg N/ha)	Kopfdüngung (kg N/ha)	Gesamthaft verabreichte N-Menge (kg N/ha)
Versuch Frauenfeld 2004			
1	30	0	30
2	30	3x15	75
3	30	3x30	120
4	30	3x60	210
Versuch Lommis 2005			
1	0	0	0
2	0	3x15	45
3	0	3x30	90
4	0	3x60	180
5	30	3x15	75
6	30	3x30	120
7	18	4x18	90
8	36	4x36	180

N_{min}-Gehalte und N-Aufnahme

Um Hinweise über die Stickstoffdynamik im Boden zu erhalten, wurden zu verschiedenen Terminen im Kulturverlauf Bodenproben in der Bodenschicht 0 – 60 cm entnommen und auf den N_{min}-Gehalt untersucht. Ausserdem wurde im Spätsommer nach der Methode der Pflanzensaftanalyse der Nitratgehalt in den Blattstielen der Chicoréepflanzen bestimmt (Künsch *et al.* 2000). Wie weit die N-Versorgung bei Chicorée einen Einfluss auf die Reservebildung an Stickstoff hat, wurde anhand von Analysen des Gesamtstickstoffgehaltes an den geernteten Wurzeln abgeklärt.

Im ersten Versuch am Standort Frauenfeld lag der N_{min}-Gehalt rund fünf Wochen nach der

Tab. 2. Einfluss der N-Düngung auf den N_{\min} -Gehalt im Boden und den Nitratgehalt in den Blattstielen. Versuch Frauenfeld, 2004

Verfahren	N_{\min} -Gehalt (kg N/ha) (0-60 cm) in der 8. Kulturwoche	Nitratgehalt in den Blattstielen (mg/kg Frischmasse) in der 8. Kulturwoche	N_{\min} -Gehalt (kg N/ha) (0-60 cm) in der 11. Kulturwoche	Nitratgehalt in den Blattstielen (mg/kg Frischmasse) in der 11. Kulturwoche
30 + 0 kg N/ha	73,9	2322	59,0	824
30 + 3x15 kg N/ha	86,3	2870	84,0	1660
30 + 3x30 kg N/ha	104,2	3267	68,0	2120
30 + 3x60 kg N/ha	149,2	3755	85,7	3140
LSD p = 0,05	41,7	596	ns	601

bei sämtlichen Düngungsverfahren gleich hohen Startgabe von 30 kg N/ha zur Saat in der Bodenschicht 0–60 cm bei 129 kg N/ha. Unmittelbar nach der Entnahme dieser N_{\min} -Beprobung erhielten die einzelnen Düngungsverfahren erstmals unterschiedliche Kopfgaben an Stickstoff. In der 8. Kulturwoche, drei Wochen nach der 1. Kopfgabe, wurden ausgeprägte Unterschiede im N_{\min} -Gehalt zwischen den einzelnen Düngungsverfahren sichtbar (Tab. 2). Während das Verfahren ohne N-Kopfdüngung einen deutlich abnehmenden N_{\min} -Gehalt aufwies, lag der N_{\min} -Wert beim Verfahren mit der höchsten gedüngten Stickstoffmenge nach wie vor auf einem hohen Niveau. In der 11. Kulturwoche, drei Wochen nach der 2. Kopfgabe, unterschieden sich die einzelnen Düngungsstufen nicht mehr signifikant voneinander.

Wurde das Nitrat in den Blattstielen betrachtet, so waren im Versuch 2004 sowohl in der 8. als auch in der 11. Kulturwoche

mit steigender N-Düngung signifikante Zunahmen im Nitratgehalt nachweisbar (Tab. 2).

Auch im Versuch 2005 wiesen sämtliche Düngungsverfahren in der 5. Kulturwoche, kurz vor der ersten Kopfdüngungsgabe, recht hohe N_{\min} -Gehalte auf, die je nach Höhe der Grunddüngung mit Stickstoff zur Saat zwischen 74 und 101 kg N/ha lagen. Selbst in Parzellen, die nicht mit Stickstoff gedüngt wurden, lagen die gemessenen N_{\min} -Gehalte über den gemäss den offiziellen Empfehlungen in den betreffenden Kulturstadien anzustrebenden Sollwerten (Neuweiler *et al.* 2007) Obwohl im Anschluss daran bei den meisten Verfahren zwischen der 5. und 11. Kulturwoche der grösste Teil der gesamthaft gedüngten Stickstoffmenge ausgebracht wurde, sanken die N_{\min} -Werte bei den einzelnen Verfahren bis zur 11. Kulturwoche auf ein tiefes Niveau von 14 bis 48 kg N/ha ab.

Wie im Vorjahr hatte die N-Düngungsstrategie in der 11. Kulturwoche einen signifikanten Einfluss auf den Nitratgehalt in den Blattstielen (Abb. 1)

Die in beiden Versuchsjahren in fortgeschrittenen Kulturstadien selbst bei hohen N-Düngungsstufen deutlich abnehmenden N_{\min} -Gehalte lassen vermuten, dass die Chicoréekultur dem Bo-

den bei hoher Stickstoffverfügbarkeit beachtliche Mengen an Stickstoff entzieht. Die zusätzlich zu den N_{\min} -Bodenanalysen in den Blattstielen durchgeführten Pflanzensaftanalysen auf Nitrat deuten darauf hin, dass ein Teil des in erhöhtem Masse aufgenommenen Stickstoffs in der Pflanze in Form von Nitrat zwischengelagert wurde.

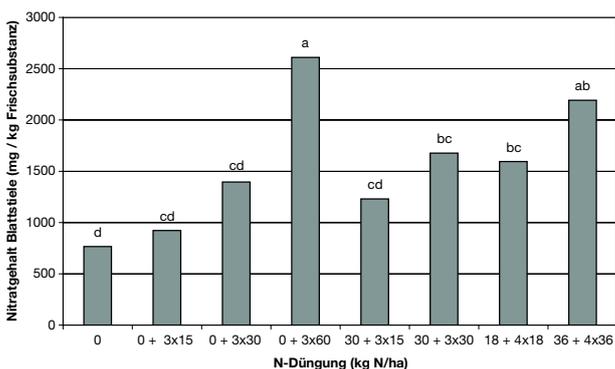
Innere und äussere Wurzelqualität

Wie weit die N-Versorgung bei Chicorée einen Einfluss auf die Reservebildung von Stickstoff in den Wurzeln hat, wurde anhand von Analysen an den geernteten Wurzeln auf den Gesamtstickstoffgehalt abgeklärt. In den bei der Ernte gezogenen Wurzelproben konnte in beiden Versuchsjahren ein mit steigender Stickstoffdüngung zunehmender Gesamtstickstoffgehalt nachgewiesen werden (Abb. 2 und 3). Wurden die Stickstoffgehalte der Wurzeln dem in der 11. Kulturwoche in den Blattstielen gemessenen Nitratgehalt gegenübergestellt, so ergaben sich zwischen diesen beiden Messparametern hohe Korrelationen mit $R^2 > 0,76$ im Jahre 2004 und $R^2 > 0,64$ im Folgejahr.

Die mit steigender N-Düngung zunehmenden Gesamtstickstoffgehalte in den geernteten Wurzeln deuten darauf hin, dass der aufgenommene und zum Teil in Form von Nitrat in den Blattstielen zwischengelagerte Stickstoff schlussendlich in den Chicoréewurzeln eingelagert wurde.

Die Treibeignung der Chicoréewurzeln wird in der Praxis unter anderem aufgrund des Wurzel durchmessers bestimmt. Daher wurden die geernteten Wurzeln in den Versuchen auf ihren Durchmesser kalibriert und dabei den folgenden Grössenklassen zugeordnet: < 30 mm, 30–50 mm, 50–60 mm und > 60 mm. Im Normalfall werden in den Chicorée-

Abb. 1. Einfluss der Strategie der N-Düngung auf den Nitratgehalt in den Blattstielen in der 11. Kulturwoche. Versuch Lommis, 2005.



treibereien Wurzeln mit einem Durchmesser zwischen 30 und 60 mm eingestellt. Darüber und darunter liegende Größen bringen in der Regel eine Zapfenqualität hervor, die den Qualitätsvorstellungen der Abnehmer nicht entsprechen (Wonneberger & Keller 2004).

In beiden Versuchsjahren hatten die geprüften N-Düngungsverfahren keinen Einfluss auf die auf die Dicke der geernteten Chicoréewurzeln. Auch hinsichtlich der absoluten Anzahl Wurzeln in den einzelnen Größenklassen sowie des prozentualen Anteils an treibfähigen Wurzeln mit einem Durchmesser von 30 bis 60 mm konnte kein Zusammenhang mit der N-Düngung nachgewiesen werden.

Treibversuche 2005 und 2006

Die im Spätherbst 2004 und 2005 geernteten Wurzeln wurden bis Ende Dezember schrittweise auf $-1.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ heruntergekühlt. Die Hälfte der treibfähigen Wurzeln mit einem Durchmesser von 30 – 60 mm wurde Anfang Februar aus dem Kühlraum entnommen und in die Treibwannen eingestellt. Die restlichen Wurzeln wurden in leicht gefrorenem Zustand weiter gelagert und erst Anfang Oktober, rund ein Jahr nach der Wurzelernte, in die Treibwannen eingestellt. Die Zusammensetzung der Fertigungslösung und die Temperaturführung richtete sich einheitlich nach holländischen Empfehlungen. Der Treibprozess vom Einstellen bis zur Ernte dauerte bei sämtlichen Sätzen 21 Tage.

Bei der Ernte wurde nicht nur der Sprossertrag erfasst. Die geernteten Sprossen wurden nach ihrer Vermarktungseignung sortiert. Chicoréesprossen wurden der Qualitätsstufe 1 zugeordnet, sofern sie den vorgeschriebenen Mindestdurchmesser von 3 cm erreichten, ihre Spitze ausrei-

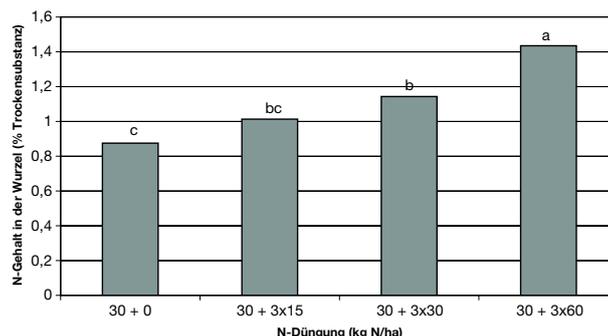
chend geschlossen war und die Blätter kompakt zu einem regelmässig geformten Chicoréezapfen vereinigt waren.

Zu wenig kompakte Sprossen, bei denen die Spitze eine Öffnung von mehr als 0.5 cm aufwies, wurden als 2. Qualität aussortiert. Ebenfalls erfasst wurde das Gewicht der kurzen Hüllblätter an der Sprossbasis, die bei der Ernte abgerüstet werden mussten.

Ertrags- und Qualitätsbildung

Im ersten Treibversuch im Februar 2005 mit den 2004 geernteten Wurzeln lag der Sprossertrag der Qualitätsstufe 1 je eingestellte Wurzel beim Verfahren 30 + 3x15 signifikant höher als beim Verfahren 30 + 0, bei dem keine Kopfdüngung mit Stickstoff verabreicht wurde (Abb. 4). Eine Erhöhung der Kopfdüngung auf 3x30 sowie 3x60 führte zu keinen weiteren Ertragszunahmen an Sprossmasse der Qualitätsstufe 1. Dagegen führte das Verfahren mit 30 + 3x60 kg N/ha im Vergleich zum Minimalstickstoffverfahren mit nur 30 kg N/ha zur Saat zu einer signifikant erhöhten Menge an abzurüstenden Basisblättern.

Beim 2. Satz im Herbst 2005 der im Vorjahr geernteten Wurzeln führten die N-Düngungsverfahren 30 + 3x15 und 30 + 3x30 zu den höchsten Erträgen an Sprossmasse der Qualitätsstufe 1 (Abb. 5). Diese Ertragsvorteile gegenüber dem Verfahren 30 + 0 liessen sich jedoch nicht statistisch absichern. Die höchste N-Stufe 30 + 3x60 kg N/ha führte im Vergleich zu den beiden nächst tieferen N-Stufen zu einer signifikanten Zunahme an zu wenig kompakten Sprossen, die an der Spitze eine deutliche Öffnung aufwiesen und daher der 2. Qualität zugeordnet werden mussten. Auch die tiefste N-Stufe mit nur 30 kg N/ha zur Saat führte beim zweiten Treibtermin zu signifikant mehr Ausschussware als die Stufe 30 + 3x15 kg N/ha.



Im Folgeversuch 2005 führte das Verfahren 30 + 3x15 kg N/ha beim ersten Treibtermin erneut zum signifikant höchsten Sprossertrag 1. Qualität. (Abb. 6). Dabei war auffällig, dass sich ein Verzicht auf eine Grunddüngung mit Stickstoff zur Saat negativ auf das Treibergebnis auswirkte. In Übereinstimmung mit den Erfahrungen aus dem Vorjahr war eine erhöhte Kopfdüngung mit Stickstoff mit einer vermehrten Bildung von Sprossen 2. Qualität verbunden. So bildeten die Wurzeln des Verfahrens 0 + 3x60 kg N/ha, bei der gesamthaft die höchste N-Menge auf den Kopf gedüngt wurde, signifikant mehr Sprossmasse 2. Qualität und abzurüstende Basisblätter als das erfolgreichste Verfahren mit einer N-Gabe von 30 kg N/ha zur Saat und drei Gaben zu je 15 kg N/ha als Kopfdüngung.

Die bis in den folgenden Herbst überlagerten Wurzeln aus dem Versuch 2005 lieferten bei den beiden Verfahren mit der höchsten gesamthaft verabreichten N-Menge (0 + 3x60 und 36 + 4x36 kg N/ha) die tiefsten Erträge an Sprossmasse 1. Qualität. Diese Unterschiede liessen

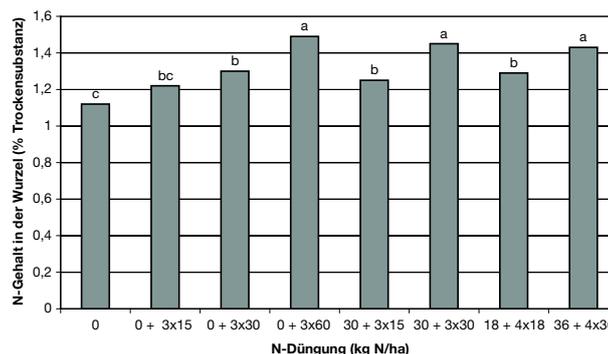
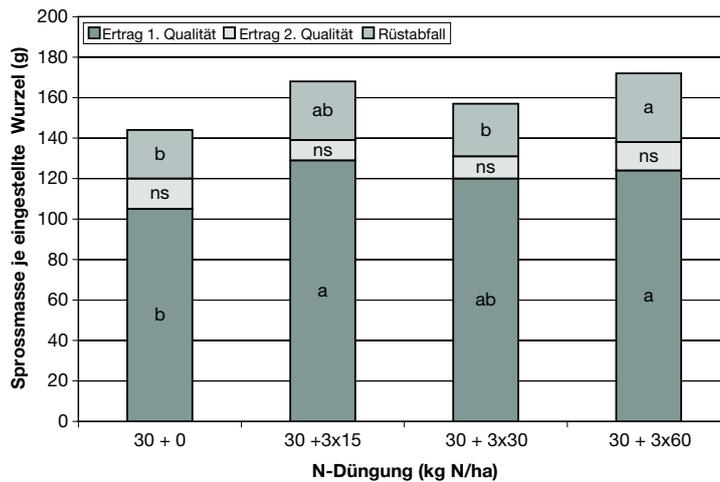


Abb. 2. Einfluss der Strategie der N-Düngung auf den Stickstoffgehalt in den Wurzeln (% Trockensubstanz). Versuch Frauenfeld, 2004.

Abb. 3. Einfluss der Strategie der N-Düngung auf den Stickstoffgehalt in den Wurzeln (% Trockensubstanz). Versuch Lommis, 2005.

Abb. 4. Sprossertrag je eingestellte Wurzel zum 1. Treibtermin bei unterschiedlichen Strategien der N-Düngung, aufgeteilt in die verschiedenen Qualitätsstufen. Versuch Frauenfeld, 2004.



sich aufgrund hoher Streuungen innerhalb der einzelnen N-Düngungsverfahren jedoch nicht statistisch absichern.

Schlussfolgerungen

In den Jahren 2004 und 2005 wurden in Chicoréefeldern N-Düngungsversuche angelegt, die

jeweils im Folgejahr durch Treibversuche mit den geernteten Wurzeln ergänzt wurden. Dabei hat es sich gezeigt, dass die N-Düngung im Feld nicht nur die Wurzelentwicklung beeinflusst, sondern auch Auswirkungen auf das Wachstum der Chicoréesprossen in der Treiberei hat.

Abb. 5. Sprossertrag je eingestellte Wurzel zum 2. Treibtermin bei unterschiedlichen Strategien der N-Düngung, aufgeteilt in die verschiedenen Qualitätsstufen. Versuch Frauenfeld, 2004.

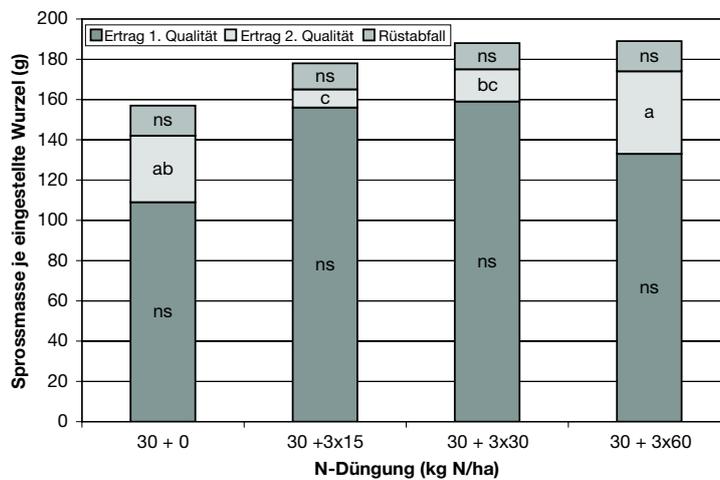
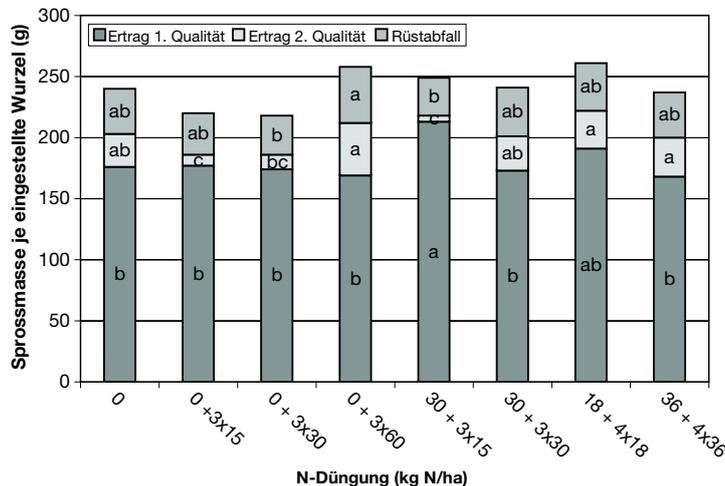


Abb. 6. Sprossertrag je eingestellte Wurzel zum 1. Treibtermin bei unterschiedlichen Strategien der N-Düngung, aufgeteilt in die verschiedenen Qualitätsstufen. Versuch Lommis, 2005.



Die einzelnen Kulturparameter von Chicoréebeständen reagierten während der Wurzelentwicklung in unterschiedlicher Weise auf die N-Düngung. Während des Kulturverlaufes führten erhöhte N-Gaben zu signifikanten Zunahmen im Nitratgehalt in den Blattstielen. Die bei der Ernte entnommenen und auf den Gesamtstickstoffgehalt untersuchten Wurzelproben liessen auch einen bei erhöhter N-Düngung ansteigenden N-Gehalt in den Wurzeln erkennen. Im Gegensatz dazu wurde das Dickenwachstum der Wurzeln nur wenig durch die N-Düngung beeinflusst. Es kann davon ausgegangen werden, dass Chicoréebestände mit steigender N-Düngung erhöhte Stickstoffmengen aufnehmen und bis zur Ernte in die Wurzeln einlagern.

Aus den unterschiedlich mit Stickstoff gedüngten Chicoréewurzeln entwickelten sich Chicoréesprossen, die sich vor allem hinsichtlich ihrer äusseren Qualität unterschieden. Chicoréewurzeln, die während ihrer Entwicklung eher zurückhaltend mit Stickstoff gedüngt wurden, lieferten mehrheitlich den höchsten Ertrag an Chicoréesprossen der Qualitätsstufe 1. Das N-Düngungsverfahren 30 + 3x15 kg N/ha, bei dem 30 kg N/ha zur Saat und in Ergänzung 3 Kopfgaben von je 15 kg N/ha zwischen der 5. und 11. Kulturwoche ausgebracht wurden, lieferte jeweils zum ersten Treibtermin im Monat Februar den höchsten Ertrag 1. Qualität. Eine Erhöhung der Kopfdüngung mit Stickstoff darüber hinaus führte im ersten Versuch zu keiner weiteren Förderung des Ertrages 1. Qualität. Im Folgejahr war eine Erhöhung der gesamthaft ausgebrachten N-Menge über dieses Niveau beim ersten Satz sogar mit deutlichen Ertragseinbußen verbunden. Eine überhöhte N-Düngung führte allgemein zur verstärkten Bildung von zu wenig kompak-

ten und an der Spitze geöffneten Chicoréesprossen, die sich nicht als 1. Qualität vermarkten liessen. Ausserdem nahm zum Teil auch der Anfall an Basisblättern zu, die bei der Ernte abgerüstet werden mussten. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass eine zu hohe N-Düngung deutliche negative Auswirkungen auf die Qualität der Chicoréesprossen hat.

Im Hinblick auf eine Optimierung der Qualitäts- und Ertragsbildung erscheinen auf sandigen Lehmböden der Ostschweiz bei der geprüften Hauptsorte Vintor Düngermengen mit bis zu 90 kg Reinstickstoff je ha unter Berücksichtigung der im Boden vorhandenen N_{\min} -Gehalte als optimal. Dabei ist die N-Düngung in eine

Startgabe zur Saat gefolgt von 3 Kopfgaben bis spätestens Mitte August zu unterteilen. Da die einzelnen Sorten unterschiedliche Ansprüche an die Düngung stellen, lassen sich diese bei der Sorte Vintor gesammelten Erfahrungen nur begrenzt auf andere Sorten übertragen.

Literatur

- Krahnstöver K., 2004. Chicorée – Hinweise zum umweltgerechten Anbau. Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Fachbereich Gartenbau, Dresden.
- Künsch U., Schärer H. & Heller W., 2000. Schlussfolgerungen aus der Ringanalyse Nitrat Gemüse 1999. *Der Gemüsebau/Le Maraîcher* 5/2000, 26.

■ Leteinturier J., Cochet J.-P., Marle M. & Benigni M., 1991. L'Endive – Guide pratique. Ctifl, Paris.

■ Neuweiler R. & Flisch R., 2005. Kalium spielt Schlüsselrolle im Chicorée-Anbau. *Der Gemüsebau/Le Maraîcher* 5/2005, 18-19.

■ Neuweiler R., Sigg P., Freund M., Koch W., Wigger A. Koller M. & Moos D., 2007. Düngung. Handbuch Gemüse 2007, VSGP/UMS, Bern

■ Vogel G., 1996. Handbuch des speziellen Gemüsebaues. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart/Hohenheim.

■ Westerdijk C.E., 2000. Teelt van Cichorei. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Lelystad.

■ Wonneberger Ch. & Keller F., 2004. Gemüsebau. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart/Hohenheim.

RÉSUMÉ

Optimisation de la fertilisation azotée dans la production de racines d'endive

Pendant les années 2004 à 2006, différents niveaux et stratégies de fumure azotée ont été testés dans la production de racines d'endives de la variété Vintor. L'effet des différents procédés de fumure azotée a été étudié non seulement durant la phase de formation des racines mais aussi pendant le forçage des racines. Une augmentation de l'apport d'azote a eu pour conséquence une teneur élevée en nitrate dans la sève des pétioles. Alors que le calibre des racines n'a pas été influencé par la fumure azotée, un apport élevé d'azote a induit une augmentation de la teneur en azote dans les racines.

Un niveau de fumure azotée modéré pendant la période de production des racines a favorisé la formation de chicons de haute qualité. La stratégie de fumure azotée consistant à appliquer 30 kg N/ha au semis puis trois applications de chacune 15 kg N/ha entre la 5^e et la 11^e semaine de culture a été la plus prometteuse et a abouti sans conteste au rendement le plus haut en chicons "1^{ère} classe". Un niveau de fumure de couverture plus élevé a eu pour conséquence des pertes de qualité des chicons, qui n'étaient pas assez compacts ou même pas fermés proprement au niveau de la pointe. Eu égard aux résultats de ces essais, un apport maximum de 90 kg N/ha peut être recommandé sur des sols moyens, en tenant compte de la valeur N_{\min} . La fumure azotée des racines d'endive doit être réalisée par applications fractionnées entre le semis et mi-août.

SUMMARY

Optimized N-fertilization in the production of chicory

During three years between 2004 and 2006 different levels of nitrogen including various strategies of temporal partitioning were studied with the chicory variety Vintor. The objectives of these experiments were to assess the impact of N fertilization on the development and quality of the chicory roots and thereafter on the performance of the roots at forcing in the following year.

Chemical analyses performed on samples of petioles in advanced stages of crop development revealed increasing accumulation of nitrate with progressive rates of N fertilization. Whereas root diameter did not respond to N fertilization, concentration of total N in the harvested roots was significantly increased by progressive N fertilization.

Moderate rates of N fertilization positively affected yield and quality of the chicons. A strategy including a first application of 30 kg N/ha at sowing followed by three split applications of 15 kg N/ha, spread between the 5th and the 11th week of the crop, mostly led to the highest yield of marketable chicons. Shape and solidity were negatively affected by excessive N fertilization, which led to an increased share of loose-packed chicons with half-open tips. Based on our investigations a maximum total rate of 90 kg/ha can be recommended for soils of the type sandy loam depending on the natural availability of nitrogen (N_{\min}). Split application of nitrogen between sowing and the mid of August meet the demand for nitrogen of the chicory crop best.

Key words: Chicory, *Cichorium intybus* L. var. *foliosum* Hegi, nitrogen fertilization, N_{\min} , nitrate, quality, yield, root, growth.