

Sorten, Saatdichte und Stickstoffdüngung bei Wintergerste

Raphaël Charles, Jean-François Collaud, Lilia Levy Häner und Sokrat Sinaj,
Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil ACW, 1260 Nyon
Auskünfte: Jean-François Collaud, E-Mail: jean-francois.collaud@acw.admin.ch, Tel. +41 22 363 44 44



Zweizeilige und sechszeilige Gerstensorten zeigen sowohl in Bezug auf den Ertrag wie auf die Körnerqualität verschiedene Leistungen.

Einleitung

Eine Auswertung der wichtigsten agronomischen und wirtschaftlichen Faktoren, welche die Attraktivität des Futtergetreideanbaus beeinflussen können, hat gezeigt, wie hoch der Stellenwert des Naturalertrags von Gerste im Vergleich zu den übrigen Futterpflanzenarten (Collaud, 2000) ist. Unterstrichen wurde insbesondere die Notwendigkeit, die Konkurrenzfähigkeit dieser Kultur gegenüber dem Futterweizen zu stärken. Der wirtschaftliche Druck hat die Produktionssektoren veranlasst, der Sortenwahl mehr Bedeutung zuzumessen, dies zwecks Sicherstellung hoher und stabiler Erträge, einer qualitativ hochwertigen Produktion und raschen Nutzung der neuen Sorten. Die empfohlene Sortenliste für Gerste der Schweiz unterscheidet drei Sortentypen: die zweizeiligen Wintersorten, die sechszeiligen Sorten, die sogenannten Wintergersten, und die zweizeiligen Sommersorten (Hiltbrunner *et al.* 2010). Collaud (2000) zeigte

die Bedeutung des Faktors Sorte bezüglich Hektolitergewicht und Tausendkornsgewicht auf. Diese Parameter können auch durch die Saatdichte und den Saattermin, die sich auf die Bestockung auswirken, beeinflusst werden. Collaud (1995) beobachtete, dass eine erhöhte Bestandesdichte zu frühem Ährenschieben führte und das Tausendkornsgewicht von Sommergersten negativ, das Hektolitergewicht jedoch kaum beeinflusste. Zwischen Sorte und Saatdichte kam es zu keinen Wechselwirkungen. Sorte und Saatdichte haben keinen Einfluss aufeinander. Hingegen förderte eine zu hohe Dichte die Lagerung und minderte dadurch den Ertrag (Collaud 1993). Absorbiert das Korn die gleiche Stickstoffmenge, ändert sich der Stickstoffstatus von einem Typ zum andern. So weisen die sechszeiligen Sorten einen tieferen Stickstoffgehalt auf (Le Gouis 1992).

Für eine optimale Sortenwahl und Kulturführung von Gerste empfiehlt es sich, die Kulturmassnahmen auf die Ertrags- und Qualitätsziele der Ernte abzustimmen.

Da Gerste im Allgemeinen zur Herstellung von Malz (Brauerei) verwendet wird, sind kaum Literaturhinweise bezüglich der Produktion zu Futterzwecken vorhanden. Während drei Jahren wurden deshalb Versuche durchgeführt, um Bilanz über die Auswirkungen der Faktoren Sorte, Saatdichte und Stickstoffdüngung auf die beiden Gerstensortentypen zu ziehen.

Material und Methoden

Die Versuche wurden in den Jahren 2005 bis 2007 an den Standorten Changins (420 m ü. M.) und Goumoëns (600 m ü. M.) durchgeführt. Eine sechszeilige Sorte wurde systematisch mit einer zweizeiligen Sorte verglichen. Im Jahr 2005 waren dies in Changins die Sorten Fridericus (sechszeilig) und Boréale (zweizeilig) und in Goumoëns die Sorten Laverda (sechszeilig) und Verticale (zweizeilig). In den Jahren 2006 und 2007 wurden Franziska (sechszeilig) und Verticale (zweizeilig) für beide Versuchsstandorte gewählt. Die Versuche umfassten drei Saatdichten, nämlich 150, 300 und 450 Körner/m², was einer geringen, mittleren und hohen Saatdichte entspricht. Bezuglich Stickstoffdüngung wurden vier Varianten miteinander verglichen: 0_N, empfohlene N-Menge (N_{empf}), N_{empf}-40 kg/ha, N_{empf}+40 kg/ha. Die einzelnen Versuchsparzellen von 15 m² waren als split-split-plot-Anlage mit drei Wiederholungen gemäss folgender Rangordnung angelegt: Sorte, Saatdichte, Stickstoffdüngung.

Die Bodeneigenschaften (Tab. 1) wurden gemäss Referenzmethoden der Forschungsanstalten Agroscope (FAL *et al.* 2004) gemessen. Sie wurden bei der Düngung mit den Grundelementen P, K und Mg (Bodenanalyse AA+EDTA-Methode) gemäss Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau, GRUDAF, berücksichtigt (Ryser *et al.* 2001). Die empfohlene Stickstoffdüngermenge gemäss oben benannten Grundlagen erreichte 110 kg N/ha mit Ausnahme von Goumoëns, wo sie sich im Jahr 2007 auf 90 kg N/ha belief. Die Aussaat erfolgte systematisch während der letzten Tage des Monats September. Die anderen anbaurelevanten Massnahmen (Grunddüngung, Pflanzenschutz) erfolgten so, dass jede begrenzende Wirkung vermieden wurde. Ein starker Befall von Gelbverzweigungsvirus setzte jedoch dem Versuch in Changins im Jahre 2007 ein Ende. Die Wetterbedingungen, die zum Verständnis der Resultate relevant sind (Tab. 1), betreffen die generative Wachstumsphase von Wintergerste von März bis Juni.

Folgende agronomische Variablen wurden auf jeder Versuchsparzelle und jeder geernteten Probe erhoben: Körnertrag (15 % Feuchtigkeit), Ährenanzahl pro Flächeneinheit, Tausendkorngewicht und Proteingehalt

Zusammenfassung

Um einen Überblick der Kulturmassnahmen von Wintergerste und insbesondere der Unterschiede zwischen sechs- und zweizeiligen Wintergersten zu geben, wurden in Changins und Goumoëns in den Jahren 2005 bis 2007 Versuche durchgeführt. Die sechs- und zweizeiligen Sorten unterscheiden sich im Ertrag, in der Ertragsbildung und in den Qualitätsfaktoren. Eine Saatdichte zwischen 150 und 300 Körnern/m² reichte im Allgemeinen aus. Bei günstigen Produktionsbedingungen kann eine höhere Saatdichte positiv für die sechszeilige Sorte sein. Beide Sortentypen sprachen in gleicher Weise auf die Stickstoffdüngung an. Eine verstärkte Düngung führte bei günstigen Wachstumsbedingungen, insbesondere in Bezug auf die Wasserversorgung, zu hohen Erträgen. Der höhere Ertrag der sechszeiligen Sorte wurde mit der Bildung einer höheren Kornzahl erklärt. Die höhere Bestockung der zweizeiligen Sorte und schwerere Körner reichten nicht aus, um die tiefere Kornzahl pro Ähre auszugleichen. Die zweizeilige Sorte produzierte grössere Körner und wies höhere Gehalte an Protein, Fett und Mineralstoffen aus. Letztere wurden durch die Stickstoffdüngung beeinflusst, während die Saatdichte keinerlei Auswirkung hatte. Diese Daten wurden mit den Referenzdaten der Schweizerischen Futtermitteldatenbank sowie den Düngungsgrundlagen verglichen.

Tab. 1 | Wichtigste klimatische und physikalisch-chemische Eigenschaften der Böden der Versuchsstandorte

Jahr	Standort	Klima		Boden					
		Ø Temp.	Nied.	Ton	pH	O.S.	P	K	Mg
		°C	mm	%		%	mg/kg	mg/kg	mg/kg
2005	Goumoëns	13,0	189	28,8	7,0	5,6	88	124	169
	Changins	14,1	247	51,0	7,4	4,1	57	220	284
2006	Goumoëns	13,1	338	24,3	6,8	3,0	38	137	113
	Changins	14,3	330	22,5	7,8	1,8	104	147	155
2007	Goumoëns	13,6	227	22,5	5,7	2,6	39	154	85

(FOSS 6500, FOSS NIRSystem, Inc., internes Labor). Zusätzliche Qualitätsvariablen wurden auf durchschnittlichen Proben aus der Mischung von drei Wiederholungen chemisch untersucht. Der intermediäre Düngungsgrad $N_{empf}-40$ und $N_{empf}+40$ wurde nicht berücksichtigt. Der Nährstoffgehalt N, P, K und Mg im Korn und im Stroh wurde gemäss Referenzmethoden der Forschungsanstalten Agroscope (FAL et. al. 2004) gemessen. Das Fett (Berntrop-Methode), die mehrfach und einfach ungesättigten Fettsäuren, die Asche, die Rohfaser und der Stickstoff (Faktor 6,25 x N) wurden im Jahr 2006 bei beiden Versuchen durch das ALP-Labor (Forschungsanstalt ALP 2011) untersucht.

Bei den agronomischen Parametern wurden für jeden Versuch einzeln, sowie für die gesamte Versuchsanlage split-split-plot-Varianzanalysen (Gomez und Gomez 1984) durchgeführt. Die vorliegenden Resultate konzentrieren sich hauptsächlich auf Versuchsmittelwerte und deren statistische Auswertung. Bei den Qualitätsparametern konnten durch die drei Faktorebenen

und die Berücksichtigung der Versuche als Wiederholungsfaktor die Probenahmen ohne Wiederholung teilweise kompensiert werden.

Resultate und Diskussion

Standörtliche Bedingungen

Im Jahr 2005 standen die Versuche in Changins auf schwere und in Goumoëns auf mittel tonhaltige Böden, mit einem hohen Gehalt an organischem Material (Tab. 1). Mittel siltige Böden zeichneten die anderen Versuche aus. Der sich nach Nährstoffgehalt ermittelte Fruchtbarkeitsgrad war ausreichend, sogar hoch, mit Ausnahme von Phosphor und Magnesium, die in den Jahren 2006 und 2007 in Goumoëns nur mittelmässige Werte erzielten.

Die meteorologischen Bedingungen (Tab. 1) zeigten vor allem bei der Niederschlagsmenge starke Unterschiede, insbesondere im Jahr 2006. Im Jahr 2005 waren die Wassermengen günstig für das Wachstum, 2006 war

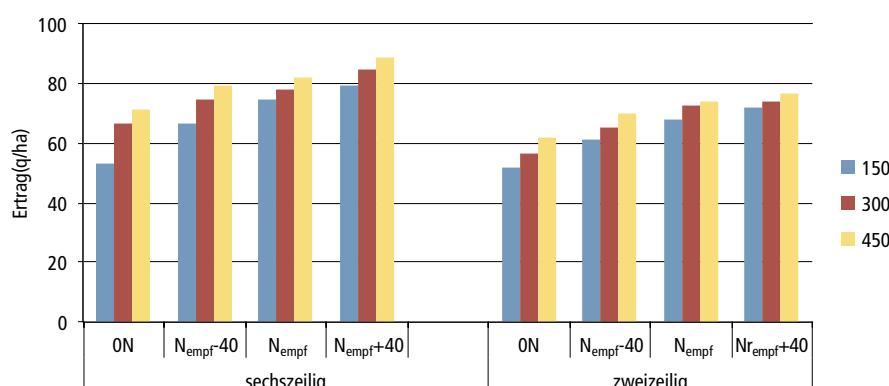


Abb. 1 | Ertrag in Abhängigkeit der Faktoren Sorte, Saatdichte, Stickstoffdüngung. Mittel der Versuche 2005–2007 in Changins und Goumoëns. Statistische Interpretation gemäss Tabelle 1.

Tab. 2 | Ertrag und Ertragskomponenten in Abhängigkeit der Faktoren Sorte, Saatdichte und Stickstoffdüngung. Mittel der Versuche 2005–2007 in Changins und Goumoëns. Statistische Signifikanz und entsprechende KGD.

	Ertrag dt/ha	Ähren Anzahl/m ²	Körner Anz. Körn./Ähre	Körner Anz. Tausendkorn/m ²	TKG g	HLG kg/100l	Proteine % TS
Sorte – S							
6-zeilig	74,9	502,3	31,4	1,58	47,1	65,4	10,5
2-zeilig	67,0	637,7	20,4	1,25	53,2	66,8	11,3
	** 7,3; * 5,1	** 82,5; * 56,7	** 2,4; * 1,6	** 0,14; * 0,1	** 0,6; * 0,4	** 0,9; * 0,6	** 0,4; * 0,3
Dichte – D							
150	65,8	499,2	25,8	1,29	51,0	66,0	10,9
300	71,5	576,3	26,1	1,43	49,9	66,1	10,9
450	75,5	634,7	25,7	1,53	49,7	66,2	10,9
	** 6,5; * 4,9	** 75,6; * 56,3	p=0,83	** 0,12; * 0,09	** 0,7; * 0,5	p=0,38	p=0,61
N-Düngung-N							
0	60,2	526,6	24,7	1,20	50,2	65,8	10,1
N _{empf} -40 N	69,6			1,40	49,9	66,0	10,6
N _{empf}	74,8	613,5	27,0	1,49	50,4	66,2	11,2
N _{empf} +40 N	79,1			1,58	50,2	66,5	11,8
	** 5,7; * 4,3	** 59,2; * 44,3	** 3,1; * 2,4	** 0,11; * 0,08	* 0,6	** 0,6; * 0,4	** 0,4; * 0,3
Wechselwirkungen							
S x D	p=0,07	p=0,30	p=0,38	*	p=0,54	p=0,15	**
S x N	p=0,16	p=0,44	p=0,30	**	*	p=0,47	*
D x N	*	p=0,13	**	*	**	**	*
S x D x N	p=0,58	p=0,28	*	p=0,44	**	p=0,87	p=0,22
V x S x D x N	*	p=0,94	p=0,50	**	**	p=0,89	p=0,11

*Signifikant (p<0,05), ** hoch signifikant (p<0,01).

der Monat Juni trocken und folgte auf drei besonders regnerische Monate, 2007 war der Monat April trocken. Die Temperaturen zeigten weder während der betrachteten Periode noch während des Winters besonders begrenzende Bedingungen.

Ertrag

Die sechszeilige Sorte lieferte gegenüber der zweizeiligen einen um 8 q/ha höheren Ertrag (Tab. 2; Abb. 1). Dies entspricht den Resultaten der Sortentests (Hiltbrunner *et al.* 2010). Im Vergleich zu einer Saatdichte von 450 Körnern/m² führte die Saatdichte von 150 Körnern/m² zu einem signifikant tieferen Ertrag. In drei von fünf Versuchen reichte eine geringe Saatdichte aus. Eine höhere Saatdichte erlaubte es, in Changins im Jahr 2005 einen hohen Ertrag zu erzielen, während in Goumoëns im Jahr 2006 eine mittlere Dichte optimal war. In diesen beiden Versuchen wie auch in Goumoëns im Jahr 2007 interagierten Sorte und Saatdichte signifikant (P = 0,07 als Mittel der Versuche). Nur die sechszeilige Sorte profitierte von der hohen Saatdichte und verzeichnete einen signifikant höheren Ertrag.

In jedem Versuch wurde eine signifikante Wirkung der Stickstoffdüngung beobachtet. Der signifikant höchste Ertrag wurde ein Mal durch eine reduzierte Düngung (Goumoëns 2005, N_{empf}-40, 62 q/ha) erreicht. Dies kann mit einer optimalen Textur, einem neutralen pH-Wert, einem hohen Gehalt an organischem Material und einem hohen, durch günstige Wetterbedingungen hervorgerufenen Mineralisierungsgrad erklärt werden. Drei Versuche zeigten, dass die optimale Düngung verstärkt werden konnte (N_{empf}+40), was hohe Erträge von 66 q/ha (Changins 2005), 109 q/ha (Goumoëns 2006) und 93 q/ha (Changins 2006) ermöglichte. Das feuchte Frühlingswetter im Jahr 2006 wirkte sich besonders günstig aus. Es wird damit bewiesen, dass es sich lohnt, die Stickstoffdüngung zu korrigieren, wenn der erzielte Ertrag gegenüber dem Referenz ertrag (60 q/ha) höher ausfallen kann (Sinaj *et al.* 2009; Richner *et al.* 2010).

In Bezug auf den Ertrag reagierten beide Sorten in ähnlicher Weise auf die veränderte Stickstoffdüngung. Eine signifikante Interaktion konnte hingegen zwischen Düngung und Saatdichte beobachtet werden. Bei einer geringeren Saatdichte war die Stickstoffwirkung mar-

Tab. 3 | Chemische Elementarzusammensetzung in Abhängigkeit der Faktoren Sorte, Saatdichte und Stickstoffdüngung. Mittel der Versuche 2006 von Changins und Goumoëns. Statistische Signifikanz und entsprechende KGD. Referenzwerte der Schweizerischen Futtermitteldatenbank (Forschungsanstalt ALP, 2011)

	Stickstoff g/kg TS	Fett g/kg TS	MUFA g/kg TS	PUFA g/kg TS	Asche g/kg TS	Rohfaser g/kg TS
Sorte						
6-zeilig	101,3	18,1	2,4	10,5	24,1	44,8
2-zeilig	112,5	19,2	2,9	12,4	27,7	40,8
	p=0,10	* 0,53	p=0,08	p=0,06	* 0,85	* 3,39
Dichte						
150	105,6	18,0	2,6	11,3	26,3	43,5
300	107,0	17,8	2,7	11,5	25,9	43,8
450	108,2	20,1	2,6	11,5	25,7	41,1
	p=0,58	p=0,60	p=0,77	p=0,60	p=0,65	p=0,24
N-Düngung						
0	100,9	18,9	2,7	11,6	26,5	44,2
N_{empf}-40 N						
N_{empf}	113,0	18,4	2,6	11,3	25,4	41,4
N_{empf}+40 N						
	** 3,07; * 2,02	p=0,69	* 0,04	* 0,2	* 0,77	* 1,76
Schweiz. Futtermitteldatenbank						
	116,3	26,0	3,7	15,9	26,0	48,4

* signifikant (p<0,05), ** hoch signifikant (p<0,01)

MUFA = einfach ungesättigte Fettsäuren, PUFA = mehrfach ungesättigte Fettsäuren

kanter, mit einem besonders tiefen Ertrag bei fehlender Stickstoffdüngung. Umgekehrt war die Stickstoffwirkung auf den Ertrag bei hoher Saatdichte bescheiden. Diese Interaktion konnte - signifikant oder tendenziell - bei mehreren Versuchen festgestellt werden. Sie zeigt wie sich Saatdichte und Stickstoffdüngung gegenseitig kompensieren können, insbesondere in Bezug auf die Verwertung der Bodenressourcen.

Ertragsbildung

Beide Sorten reagierten in Bezug auf die Ährenbildung in allen Versuchen gleich auf die unterschiedliche Saatdichte (Tab. 2). Der Pflanzenbestand war bei der zweizeiligen Sorte mit 26 % zusätzlichen Ähren deutlich dichter. Die allgemein höhere Bestockungsfähigkeit der zweizeiligen Sorten (Le Gouis 1992) ist somit bestätigt. Die Stickstoffdüngung begünstigte die Ährenbildung (Tab. 2). Diese Wirkung war bei den sechszeiligen Sorten in gewissen Versuchen markanter (Wechselwirkungen Sorte x Düngung im Jahr 2005 hoch signifikant). Die Düngung interagierte manchmal mit der Saatdichte, indem der Stickstoff die Ährenbildung bei der höchsten Saatdichte wirksamer förderte (Wechselwirkungen Dichte x Düngung im Jahr 2005 hoch signifikant und in

Goumoëns im Jahr 2006 signifikant; p=0,13 im Mittel über die Versuche). Baethgen *et al.* (1995) bestätigen, dass die Stickstoffdüngung die Ährenbildung fördert, präzisieren aber, dass eine sehr frühe Gabe die Bestockung nicht beeinflusst.

Die sechszeilige Sorte produzierte eine signifikant höhere Kornzahl (Tabelle 2). Die erhöhte Saatdichte begünstigte die Körnerbildung pro Flächeneinheit; die Kornzahl pro Ähre blieb stabil. Der Stickstoff begünstigte die Bildung von zusätzlichen Körnern pro Ähre und pro Flächeneinheit. Tendenziell zeigte die sechszeilige Sorte mehr Schwankungen bei der Kornzahl aufgrund der Saatdichte (signifikante Wechselwirkung Sorte x Dichte) oder der Stickstoffdüngung (analoge Wechselwirkung). Bei geringer Saatdichte erlaubte eine erhöhte Stickstoffdüngung bei der sechszeiligen Sorte die Steigerung der Kornzahl pro Ähre. Die Kornzahl hängt jedoch von Kompensationsfaktoren je nach Ährenanzahl pro Flächeneinheit und Kornzahl pro Ähre ab (Beathgen *et al.* 1995).

Das Tausendkorngewicht (TKG) war bei den zweizeiligen Sorten signifikant höher (Tab. 2). Die Erhöhung der Saatdichte führte zu einer Reduktion des Korngewichts. Die Wirkung der Düngung variierte in Abhängigkeit

Tab. 4 | Mineralstoffgehalte in Abhängigkeit der Faktoren Sorte, Saatdichte und Stickstoffdüngung. Mittel der Versuche 2005–07 von Changins und Goumoëns. Statistische Signifikanz und entsprechende KGD. Referenzwerte aus den Düngungsgrundlagen (Sinaj et al. 2010).

	Gehalt im Korn (% TS)				Gehalt im Stroh (% TS)			
	N	P	K	Mg	N	P	K	Mg
Sorte								
6-zeilig	1,61	0,365	0,463	0,118	0,46	0,095	1,499	0,057
2-zeilig	1,82	0,391	0,488	0,121	0,53	0,088	1,173	0,056
	** 0,08; * 0,05	** 0,014; * 0,008	p=0,07	* 0,002	p=0,09	p=0,46	p=0,12	p=0,81
Dichte								
150	1,73	0,377	0,478	0,118	0,50	0,089	1,329	0,053
300	1,73	0,378	0,477	0,120	0,50	0,089	1,307	0,058
450	1,70	0,379	0,470	0,122	0,50	0,096	1,370	0,059
	p=0,46	p=0,96	p=0,28	p=0,20	p=0,94	p=0,67	p=0,56	p=0,28
N-Düngung								
0	1,58	0,379	0,482	0,121	0,45	0,099	1,285	0,061
N _{empf} -40 N	1,67				0,48			
N _{empf}	1,77	0,377	0,469	0,119	0,52	0,084	1,387	0,052
N _{empf} +40 N	1,84				0,54			
	** 0,06; * 0,04	p=0,54	** 0,012; * 0,009	p=0,09	** 0,04; * 0,03	** 0,012; * 0,009	p=0,13	** 0,005; * 0,004
Grundlagen für die Düngung								
min.	1,53	0,41	0,39	0,094	0,35	0,05	1,18	0,024
max.	2,00	0,52	0,78	0,141	0,71	0,15	2,34	0,071
Referenz	1,74	0,44	0,53	0,129	0,51	0,12	1,56	0,071

* signifikant (p<0,05), ** hoch signifikant (p<0,01).

von zahlreichen Wechselwirkungen. Grasshoff und D'Antuono (1997) zeigten, dass das Korngewicht mit der Anzahl gebildeter Körner negativ korreliert, wobei letzteres durch die Stickstoffdüngung begünstigt wird. Diese Arbeit zeigte außerdem die Bedeutung der Anzahl gebildeter Körner zur Erzielung hoher Erträge. Baethgen et al. (1995) zeigten, dass die Anzahl Körner pro Ähre und die Anzahl Körner pro Flächeneinheit die einzigen Komponenten sind, die in klarem Zusammenhang mit dem Ertrag stehen.

Qualitative Parameter

Das Hektolitergewicht (HLG) war bei der zweizeiligen Sorte signifikant höher (Tabelle 2). In den meisten Versuchen entfaltete die Stickstoffdüngung eine positive Wirkung, insbesondere bei hoher Saatdichte (hoch signifikante Wechselwirkung Dichte x Düngung). Der Proteingehalt war bei der zweizeiligen Sorte signifikant höher (Tabelle 2). Die Stickstoffdüngung förderte systematisch den Proteingehalt, insbesondere bei der zweizeiligen Sorte (Wechselwirkung Sorte x Düngung). Chemische Untersuchungen des Stickstoffs (Tabelle 3) und des Korn-

stickstoffs (Tab. 4) basierend auf einer kleineren Stichprobe zeigten, dass die Resultate mit dem per NIRS (Tab. 2) gemessenen Proteingehalt übereinstimmten. Der Fettgehalt war bei der zweizeiligen Sorte bedeutend höher (Tabelle 3). Die gleiche Beobachtung wurde bei den mehrfach (PUFA) und einfach (MUFA) ungesättigten Fettsäuren gemacht. Die Stickstoffdüngung trug zur Senkung dieser Gehalte bei. Der Aschengehalt war bei der zweizeiligen Sorte höher (3), was mit dem generell höheren Mineralgehalt dieses Sortentyps in Verbindung gebracht werden kann (Tab. 4). Die sechzeilige Sorte, die kleinere Körner aufweist, zeigte einen höheren Gehalt an Zellulose. Die Stickstoffdüngung reduzierte den Aschen- und Zellulosegehalt. Die Saatdichte hatte keinerlei Auswirkung auf diese Qualitätsvariablen. Der Gehalt wurde einzig durch Sorte und Stickstoffdüngung beeinflusst.

Es können nur die bei ausreichender Stickstoffernährung (N_{empf}) erhaltenen Werte direkt mit der Schweizerischen Futtermitteldatenbank verglichen werden (Forschungsanstalt ALP 2011). Die Stickstoff- und Aschengehalte waren identisch, während die Fettge- 93

halte, insbesondere die Gehalte an mehrfach ungesättigten Fettsäuren, eher tiefer waren. Diese tiefen Gehalte können mit den im Jahr 2006 hohen Erträgen erklärt werden, obwohl diese je nach standörtlichen Bedingungen sehr unterschiedlich ausfielen. Diese Vergleiche verdeutlichen die Abweichungen zwischen einzelnen Situationen und den mittleren Referenzwerten für die Schweiz. Trotz dieser Unterschiede bleiben die Wirkungen der erforschten Faktoren gültig.

Mineralstoffe

Die Gehalte an N, P, K und Mg schwankten je nach Versuch sehr stark, wobei einige Faktoren eine signifikante Wirkung zeigten (Tab. 4). Die zweizeilige Sorte wies allgemein höhere Mineralstoffgehalte auf. Die über das Korn aufgenommenen Mengen (Ertrag \times Gehalt) zeigten jedoch keinen signifikanten Unterschied zwischen den Sorten. Die Saatdichte hatte keine signifikante Wirkung auf den Mineralstoffgehalt. Die Stickstoffdüngung führte zu höheren Stickstoffgehalten in Stroh und Korn. Die übrigen Mineralstoffe erlitten einen leichten, manchmal signifikanten Verdünnungseffekt, der mit der Wirkung der Stickstoffdüngung auf den Ertrag in Verbindung zu bringen ist. Es wurde keinerlei Wechselwirkung zwischen Faktoren nachgewiesen.

Im Vergleich zu den neusten Düngungsgrundlagen (Sinaj *et al.* 2009), lagen die beobachteten mittleren Werte generell zwischen den Mindest- und den Maximalwerten. Lagen die Stickstoffresultate nahe bei den Referenzwerten, so erreichten die Gehalte an den übrigen Stoffen eher Werte im Minimalbereich, und dies sowohl beim Stroh wie beim Korn. Beim Phosphor im Korn lagen diese sogar unter dieser Limite. Die Bodenuntersuchungen vermochten weder die unterschiedlichen Gehalte der Standorte noch deren absolute Werte zu erklären. Mit Ausnahme der 2005 in Changins etwas

höheren gemessenen Gehalte (schwerer Boden, befriedigender Fruchtbarkeitsgrad) schnitten die Kornphosphorgehalte allesamt vergleichbar ab. Trotz einer als hoch eingestuften Bodenfruchtbarkeit in Goumoëns haben beide Versuche bei ähnlichem Ertragsniveau keinen Unterschied bezüglich Phosphorgehalt im Korn gezeigt. Im Jahr 2006 waren die Korngehalte identisch, obwohl der Boden von Goumoëns als mittelmässig und jener von Changins als reichhaltig bezeichnet wurde. Die Schwierigkeit, den durch das AA + EDTA-Verfahren erhobenen Phosphorgehalt des Bodens und den Phosphorgehalt der Pflanzen miteinander zu verbinden, zeigt, dass dieses Extraktionsmittel nicht ausreicht, um den Nährzustand der Pflanzen zu steuern. Diese Resultate weisen auch nach, wie nah die Mindest- und Maximalwerte des Phosphors in den Referenzdaten beieinander liegen.

Schlussfolgerungen

Die sechs- und zweizeiligen Sorten konnten bezüglich Ertrag, Ertragsbildung und Qualitätsfaktoren unterschieden werden. Der höhere Ertrag der sechszeiligen Sorte wurde mit einer höheren Kornzahl erklärt. Die höhere Bestockung der zweizeiligen Sorte und die schwereren Körner vermochten die tiefere Kornzahl nicht auszugleichen. Die grössere Variabilität der sechszeiligen Sorte und ihre günstige Antwort auf eine hohe Saatdichte kann bei besonders günstigen Wachstumsbedingungen ausgenutzt werden. Während der Ertrag beider Sorten in gleicher Weise auf die Stickstoffdüngung ansprach, könnte durch die Aufteilung der Gaben je nach standörtlichen Verhältnissen die höhere Bestockungsfähigkeit und die schwereren Körner der zweizeiligen Sorten, sowie die höhere Kornzahl der sechszeiligen Sorten zu Nutze gemacht werden. ■

Riassunto**Varietà, densità della semina e concimazione azotata su orzo autunnale**

Per fare il punto sull'itinerario colturale dell'orzo autunnale e, in particolare sulle differenze tra orzo autunnale a sei e a due file, tra il 2005 ed il 2007 sono state condotte delle prove a Changins e a Goumoëns. Le varietà a sei e a due file si sono differenziate in termini di resa, della formazione di essa e fattori di qualità. Una densità di semina tra 150 e 300 semi / m² è generalmente sufficiente. La varietà a sei file, in condizioni di produzione favorevoli, è in grado di valorizzare una maggiore densità. Ambedue i tipi di varietà hanno reagito allo stesso modo alla concimazione azotata. Una concimazione rafforzata riusciva a produrre un'elevata resa, se le condizioni di crescita, idriche in particolare, risultavano favorevoli.

La resa superiore della varietà a sei file si spiega attraverso la formazione di un numero superiore di semi. Nella la varietà a due file un accestimento maggiore e dei semi più pesanti non sono stati sufficienti per compenmare un minor numero di semi per spiga. La varietà a due file ha mostrato delle concentrazioni superiori in proteine, in materia grassa e in elementi minerali. Questi parametri sono stati influenzati dalla concimazione azotata, mentre la densità della semina non ha esercitato alcun effetto. Questi dati sono stati confrontati con i valori di riferimento della Banca dati svizzera degli alimenti per animali e le linee direttive per la concimazione.

Literatur

- Baethgen W.E., Christianson C.B. & Lamothe A.G., 1995. Nitrogen fertiliser effects on growth, grain yield, and yield components of malting barley. *Field Crop Research* **43**, 87–99.
- Collaud J.-F., 1993. Influence de la densité de semis sur l'orge d'automne. *Revue suisse d'Agriculture* **25**, 201–204.
- Collaud J.-F., 1995. Influence de la densité de semis sur l'orge de printemps. *Revue suisse d'Agriculture* **27**, 113–115.
- Collaud J.-F., 2000. Comparaison blé-orge-triticale: agronomie et économie. *Revue suisse d'Agriculture* **32**, 211–216.
- FAL, RAC et FAW, eds., 2004. Méthodes de référence des stations fédérales de recherche agronomiques. Herausgegeben von Agroscope ed. Auflage Band 2 FAL, Zurich-Reckenholz.
- Forschungsanstalt ALP, 2011. Schweizerische Futtermitteldatenbank. Zugang: <http://www.agroscope.admin.ch/futtermitteldatenbank>
- Gomez K. A. & Gomez A. A. Statistical Procedures for Agricultural Research. Wiley-Interscience, Second Edition 1984, 680 p.

Summary**Varieties, seeding rate and nitrogen fertilization on winter barley**

In order to take stock of winter barley cultivation and especially the differences between six and two-row genotypes, field trials were implemented between 2005 and 2007 at the locations Changins and Goumoëns. Six and two-row varieties differed in yield level, yield formation and quality factors.

Seeding rates between 150 and 300 seeds / m² were generally sufficient. Six-row variety can benefit from a higher density under favorable growing conditions. Both variety types reacted similarly to nitrogen fertilization. An increased fertilization produced higher yields when growing conditions were favorable, especially water availability.

The superior yield of the six-row variety was explained by a higher number of grains produced. Higher tillering and heavier grains by the two-row variety were not sufficient to compensate for a lower number of grains per spike.

The two-row variety showed higher protein fat and minerals contents. These parameters were influenced by nitrogen fertilization, while plant density had no effect. These data were compared with reference values of the Swiss Feed Database and of the Guidelines for Fertilization Practices.

Key words: winter barley, seeding rate, nitrogen fertilization, two-row variety, six-row variety.

- Grasshoff C. & D'Antuono L. F., 1997. Effect of shading and nitrogen application on yield, grain size distribution and concentrations of nitrogen and water soluble carbohydrates in malting spring barley (*Hordeum vulgare* L.). *European Journal of Agronomy* **6**, 275–293.
- Hiltbrunner J., Anders M., Levy L., Collaud J.-F., Schwärzel R., Bertossa M., Stoll P. & Peter D., 2010. Liste der empfohlenen Getreidesorten für die Ernte 2011. *Agrarforschung* **1** (7–8).
- Le Gouis J., 1992. A comparison between two- and six-row winter barley genotypes for above-ground dry matter production and distribution. *Agronomie* **12**, 163–171.
- Richner W., Flisch R., Sinaj S. & Charles R., 2010. Ableitung der Stickstoffdüngungsnormen von Ackerkulturen. *Agrarforschung* **1** (11–12), 410–415.
- Ryser J., Walther U. & Flisch R., 2001. Données de base pour la fumure des grandes cultures et des herbages – DBF 2001. *Revue suisse d'Agriculture* **33**, 1–80.
- Sinaj S., Richner W., Flisch R. & Charles R., 2009. Données de base pour la fumure des grandes cultures et des herbages (DBF-GCH). *Revue suisse d'Agriculture* **41**, 1–98.