

Variétés, densité de semis et fumure azotée sur orge d'automne

Raphaël Charles, Jean-François Collaud, Lilia Levy Häner et Sokrat Sinaj,
Station de recherche Agroscope Changins-Wädenswil ACW, 1260 Nyon

Renseignements: Jean-François Collaud, e-mail: jean-francois.collaud@acw.admin.ch, tél. +41 22 363 44 44

Avec la collaboration technique de V. Bovet.



Le fait d'avoir six ou deux rangs de grains sur l'épi modifie les performances de l'orge d'automne, tant au niveau du rendement que de la qualité du grain.

Introduction

Une évaluation des principaux facteurs agronomiques et économiques contribuant à l'intérêt des cultures de céréales fourragères avait montré la grande importance du rendement physique de l'orge comparativement aux autres espèces fourragères (Collaud 2000). La nécessité de rendre cette culture plus compétitive par rapport au blé fourrager avait notamment été soulignée. Les contraintes économiques ont conduit les filières de production à attacher une plus grande importance au choix variétal pour assurer un bon niveau et une stabilité des rendements, une qualité élevée de la production, mais également pour pouvoir bénéficier rapidement du progrès génétique. La Liste des variétés recommandées d'orge pour la Suisse distingue trois groupes de variétés: les variétés d'automne à deux rangs de grains sur l'épi, celles à six rangs, dites escourgeon, et les variétés de

printemps à deux rangs (Levy *et al.* 2010). Collaud (2000) a montré l'influence du facteur variétal sur le poids à l'hectolitre et du poids de 1000 grains. Ces paramètres peuvent également être influencés par la densité et la date de semis, qui ont un effet sur le tallage. Collaud (1995) a observé qu'une augmentation de densité avançait l'épiaison et influençait négativement le poids de 1000 grains de l'orge de printemps, mais affectait peu le poids à l'hectolitre. Aucune interaction n'était apparue entre la variété et la densité de semis. En revanche, de trop fortes densités favorisaient la verse, et donc le rendement (Collaud 1993). Pour une même quantité d'azote absorbée dans le grain, le statut de l'azote diffère également d'un type à l'autre, avec une teneur plus faible en azote pour les variétés à six rangs (Le Gouis 1992).

Pour valoriser pleinement le choix variétal et la conduite des cultures d'orge, l'itinéraire cultural doit être adapté aux objectifs de rendement et de qualité de

la récolte. L'orge étant généralement utilisée pour produire du malt (brasserie), la littérature est pauvre en références sur la production à des fins fourragères. Des essais ont ainsi été mis en place pendant trois ans pour faire le point sur les effets des facteurs variété, densité de semis et fumure azotée sur les deux types de variétés d'orge.

Matériel et méthodes

Les essais ont été effectués de 2005 à 2007 sur les sites de Changins (420 m) et de Goumoëns (660 m). Une variété six rangs a été systématiquement comparée à une variété deux rangs. En 2005, les variétés Fridericus (six rangs) et Boréale (deux rangs) ont été utilisées à Changins, les variétés Laverda (six) et Verticale (deux) à Goumoëns. En 2006 et 2007, Franziska (six) et Verticale (deux) ont été choisies pour les deux sites d'essai. Les essais comprenaient trois densités de semis (150, 300 et 450 grains/m²) considérées respectivement comme faible, moyenne et forte. Pour la fumure azotée, quatre variantes ont été comparées: 0N, dose recommandée (N_{rec}), $N_{rec}-40$ kg/ha, $N_{rec}+40$ kg/ha. Les parcelles expérimentales unitaires de 15 m² étaient disposées en split-split plot avec trois répétitions, dans l'ordre hiérarchique suivant: variété, densité de semis, fumure azotée.

Les caractéristiques des sols (tabl. 1) ont été mesurées selon les méthodes de référence des Stations de recherche Agroscope (FAL et al. 2004). Elles ont été prises en compte pour la fertilisation des éléments de fond P, K et Mg (analyses de sol méthode AA+EDTA) selon les Données de base pour la fumure DBF (Ryser et al. 2001). La fumure azotée recommandée selon les mêmes données de base atteignait 110 kgN/ha, sauf en 2007 à Goumoëns avec 90 kgN/ha. Les semis ont été systématiquement réalisés durant les derniers jours de septembre. Les autres interventions culturales (fumure de fonds, protection des végétaux) ont été effectuées de façon à éviter tout effet limitant. Une forte attaque de jaunisse nanisante a toutefois conduit à l'abandon de l'essai de Changins en 2007. Les conditions météorologiques (tabl. 1) utiles à la compréhension des résultats considèrent la période de croissance générative de l'orge d'automne de mars à juin.

Les variables agronomiques suivantes ont été relevées sur chaque parcelle d'essai et échantillon récolté: rendement en grain (15 % humidité), nombre d'épis par unité de surface, poids de 1000 grains et teneur en protéines (FOSS 6500, FOSS NIRSystem, Inc., laboratoire interne). Des variables supplémentaires de qualité ont été analysées chimiquement sur des échantillons moyens issus du mélange des trois répétitions. Les niveaux de fumure intermédiaires $N_{rec}-40$ et $N_{rec}+40$ n'ont pas été

Résumé

Afin de faire le point sur l'itinéraire cultural de l'orge d'automne et plus particulièrement sur les différences entre les orges d'automne à six et à deux rangs, des essais ont été mis en place entre 2005 et 2007 à Changins et à Goumoëns.

Les variétés six et deux rangs se sont différenciées au niveau du rendement, de la formation du rendement et de facteurs de qualité. Une densité de semis entre 150 et 300 grains/m² a généralement suffi. La variété six rangs peut valoriser une densité supérieure dans des conditions favorables de production. Les deux types de variété ont réagi de la même façon à la fumure azotée. Une fumure renforcée a produit de hauts rendements lorsque les conditions de croissance, hydriques en particulier, étaient favorables. Le rendement supérieur de la variété six rangs s'explique par la formation d'un nombre supérieur de grains. Chez la variété deux rangs, un tallage plus élevé et des grains plus lourds n'ont pas suffi pour compenser un nombre inférieur de grains par épi.

La variété deux rangs a montré des concentrations supérieures en protéines, en matière grasse et en éléments minéraux. Ces paramètres ont été influencés par la fumure azotée, tandis que la densité de semis n'a exercé aucun effet. Ces données ont été comparées aux valeurs de référence de la Base suisse de données des aliments pour animaux et des Données de base pour la fumure.

Tableau 1 | Caractéristiques principales climatiques et physico-chimiques des sols des sites expérimentaux

Année	Site	Climat		Sol					
		T moy.	Préc.	Argile	pH	M.O.	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

pris en compte. Les teneurs en éléments nutritifs N, P, K et Mg sur grain et sur paille ont été mesurées selon les méthodes de référence des Stations de recherche Agroscope (FAL *et al.* 2004). La matière grasse (méthode Berntrop), les acides gras poly- et mono-insaturés, les cendres, la cellulose brute et la matière azotée (facteur 6,25 x N) ont été analysés sur les deux essais de 2006 par le laboratoire ALP (Station de recherche ALP 2011).

Pour les paramètres agronomiques, des analyses de variance en split-split plot (Gomez et Gomez 1984) ont été réalisées séparément pour chaque essai et sur l'ensemble des dispositifs. Les résultats présentés ici se concentrent principalement sur les moyennes des essais et sur leur interprétation statistique. Pour les paramètres de qualité, les trois niveaux factoriels et la prise en compte des essais comme facteur de répétition ont permis de compenser partiellement les échantillonnages moyens.

Résultats et discussion

Conditions pédoclimatiques

En 2005, le sol était de type lourd à Changins, et moyen argileux avec une teneur élevée en matière organique à Goumoëns (tabl. 1). Des sols moyens silteux caractérisent les autres essais. Les niveaux de fertilité en éléments fertilisants étaient suffisants voire riches, sauf pour le phosphore et le magnésium avec un niveau médiocre en 2006 et 2007 à Goumoëns.

Les conditions météorologiques (tabl. 1) ont surtout montré de fortes disparités de la pluviométrie en particulier en 2006. Les conditions hydriques étaient favorables à la croissance en 2005, le mois de juin était sec en 2006 faisant suite à trois mois particulièrement pluvieux, le mois d'avril était sec en 2007. Les températures n'ont pas montré de conditions particulièrement limitantes, ni durant la période considérée, ni pendant l'hiver.

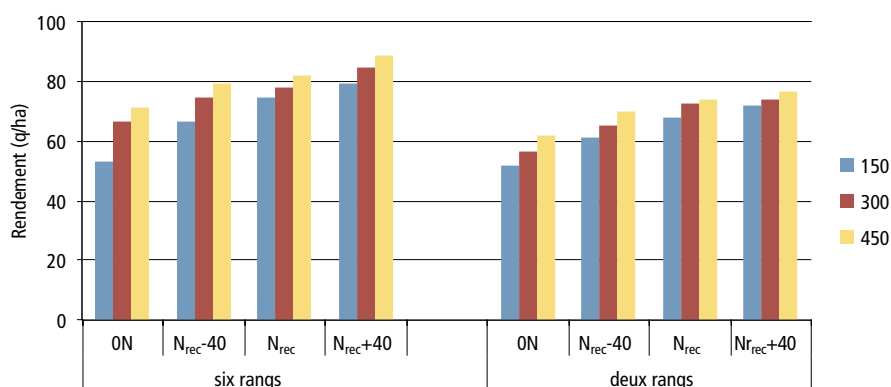


Figure 1 | Rendement en fonction des facteurs variété, densité de semis, fumure azotée. Moyenne des essais 2005–2007 de Changins et Goumoëns. Interprétation statistique selon tabl. 1.

Tableau 2 | Rendement et composantes du rendement en fonction des facteurs variété, densité de semis, fumure azotée. Moyenne des essais 2005–2007 de Changins et Goumoëns. Niveau de significativité et ppds correspondante

	Rendement q/ha	Epis nb épis/m ²	Grains nb grains/épi	Grains nb 1000 grains / m ²	Poids 1000 grains g	PHL kg/100l	Protéines % MS
Variété - V							
6 rangs	74,9	502,3	31,4	1,58	47,1	65,4	10,5
2 rangs	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
Densité - 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
Fumure N - F							
0	60,2	526,6	24,7	1,20	50,2	65,8	10,1
N _{rec} -40 N	69,6			1,40	49,9	66,0	10,6
N _{rec}	74,8	613,5	27,0	1,49	50,4	66,2	11,2
N _{rec} +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
Interactions							
V x D	p=0,07	p=0,30	p=0,38	*	p=0,54	p=0,15	**
V x F	p=0,16	p=0,44	p=0,30	**	*	p=0,47	*
D x F	*	p=0,13	**	*	**	**	*
V x D x F	p=0,58	p=0,28	*	p=0,44	**	p=0,87	p=0,22
E x V x D x F	*	p=0,94	p=0,50	**	**	p=0,89	p=0,11

*Significatif (p < 0,05). ** Hautement significatif (p < 0,01).

Rendement

La variété six rangs a fourni un rendement supérieur de 8 q/ha à la variété deux rangs (tabl. 1; fig. 1), ce qui correspond aux résultats des tests de variétés (Levy *et al.* 2010). Comparée à une densité de semis de 450 grains/m², la densité de 150 grains/m² a conduit à un rendement significativement plus faible. Dans trois des cinq essais, une faible densité de semis était suffisante. Une densité renforcée a permis d'obtenir un niveau de rendement élevé en 2005 à Changins, tandis qu'une densité moyenne était optimale en 2006 à Goumoëns. Sur ces deux essais, ainsi qu'à Goumoëns en 2007, la variété et la densité de semis ont interagi significativement (P = 0,07 en moyenne des essais). Seule la variété six rangs a valorisé la haute densité de semis en produisant un rendement significativement supérieur.

Un effet significatif de la fumure azotée a été observé dans chaque essai. Le rendement significativement le plus élevé a été obtenu une fois par une fumure réduite (Goumoëns 2005, N_{rec}-40, 62 q/ha). Ceci peut

s'expliquer par une texture optimale, un pH neutre, une valeur élevée en matière organique et des conditions climatiques propices à une minéralisation importante. Trois essais ont montré que la fumure optimale pouvait être renforcée (N_{rec}+40) permettant d'atteindre des rendements élevés de 66 q/ha (Changins 2005), 109 q/ha (Goumoëns 2006) et 93 q/ha (Changins 2006). Les conditions climatiques printanières humides en 2006 ont été particulièrement favorables. L'intérêt de corriger la fumure azotée lorsque le rendement visé peut atteindre un niveau supérieur au rendement de référence (60 q/ha) est donc démontré ici (Sinaj *et al.* 2009, Richner *et al.* 2010).

Les deux variétés ont réagi à la variation de la fumure azotée de façon similaire au niveau du rendement. Une interaction significative a par contre été observée entre la fumure et la densité de semis. L'effet de l'azote était plus marqué pour une faible densité de semis, avec un rendement particulièrement pénalisé en absence de fumure azotée. A l'inverse, l'effet de l'azote sur le ren-

Tableau 3 | Composition chimique élémentaire en fonction des facteurs variété, densité de semis et fumure azotée. Moyenne des essais 2006 de Changins et Goumoëns. Niveau de significativité et ppds correspondante. Valeurs de références tirées de la Base de données pour les aliments pour animaux (Agroscope ALP 2011)

	Matière azotée g/kg MS	Matière grasse g/kg MS	MUFA g/kg MS	PUFA g/kg MS	Cendres g/kg MS	Cellulose brute g/kg MS
Variété						
6 rangs	101,3	18,1	2,4	10,5	24,1	44,8
2 rangs	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
Densité						
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
Fumure N						
0	100,9	18,9	2,7	11,6	26,5	44,2
N _{rec} -40 N						
N _{rec}	113,0	18,4	2,6	11,3	25,4	41,4
N _{rec} +40 N						
	** 3,07 ; * 2,02	p=0,69	* 0,04	* 0,2	* 0,77	* 1,76
Base de données pour les aliments pour animaux						
	116,3	26,0	3,7	15,9	26,0	48,4

*Significatif (p < 0,05). **Hautement significatif (p < 0,01).

MUFA = acides gras mono-insaturés. PUFA = acides gras polyinsaturés.

dement était réduit pour une densité de semis élevée. Cette interaction a pu être observée sur plusieurs essais de façon significative ou tendancielle. Elle démontre l'effet compensatoire que peuvent avoir la densité de semis et la fumure azotée l'une par rapport à l'autre, en termes de valorisation des ressources du sol notamment.

Formation du rendement

Les deux variétés ont réagi à la variation de la densité de semis de façon similaire sur la formation des épis pour l'ensemble des essais (tabl. 2). Le peuplement était significativement plus dense pour la variété à deux rangs avec 26 % d'épis supplémentaires. La capacité de tallage généralement supérieure des variétés à deux rangs (Le Gouis 1992) est donc confirmée. La fumure azotée a favorisé la formation d'épis (tabl. 2). Cet effet était plus marqué pour la variété six rangs dans certains essais (interactions variété x fumure hautement significatives en 2005). La fumure a parfois interagi avec la densité de semis, l'azote étant plus efficace sur la formation d'épis pour les plus hautes densités de semis (interactions densité x fumure hautement significatives en 2005, et significatives en 2006 à Goumoëns; p = 0,13 en moyenne des essais). Baethgen *et al.* (1995) confirment que la fumure

azotée favorise la formation d'épis tout en précisant qu'un apport très précoce n'a d'effet que sur le tallage. La variété six rangs a produit un nombre de grains significativement plus élevé (tabl. 2). L'augmentation de la densité de semis a favorisé la formation de grains par unité de surface, le nombre de grains par épi restant stable. L'azote a favorisé la formation de grains supplémentaires par épi et par unité de surface. La variété six rangs a eu tendance à montrer davantage de variabilité au niveau du nombre de grains en fonction de la densité de semis (interaction significative variété x densité) ou de la fumure azotée (interaction analogue). En situation de faible densité de semis, l'augmentation de la fumure azotée a permis d'accroître le nombre de grains par épi pour la variété six rangs. Le nombre de grains dépend toutefois de facteurs de compensation en fonction du nombre d'épis par unité de surface et du nombre de grains par épi (Baethgen *et al.* 1995).

Le poids de 1000 grains était significativement supérieur pour la variété deux rangs (tabl. 2). L'augmentation de la densité de semis a allégé le poids des grains. L'effet de la fumure a varié en fonction de multiples interactions. Grasshoff et D'Antuono (1997) ont montré que le poids des grains était négativement corrélé avec le

Tableau 4 | Teneurs en éléments minéraux en fonction des facteurs variété, densité de semis et fumure azotée. Moyenne des essais 2005–2007 de Changins et Goumoëns. Niveau de significativité et ppds correspondante. Valeurs de références tirées des Données de base pour la fumure (Sinaj *et al.* 2010)

	Teneurs dans le grain (% MS)				Teneurs dans la paille (% MS)			
	N	P	K	Mg	N	P	K	Mg
Variété								
6 rangs	1,61	0,365	0,463	0,118	0,46	0,095	1,499	0,057
2 rangs	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
Densité								
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
Fumure N								
0	1,58	0,379	0,482	0,121	0,45	0,099	1,285	0,061
N _{rec} -40 N	1,67				0,48			
N _{rec}	1,77	0,377	0,469	0,119	0,52	0,084	1,387	0,052
N _{rec} +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
Données de base pour la fumure								
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
référence	1,74	0,44	0,53	0,129	0,51	0,12	1,56	0,071

*Significatif (p < 0,05). **Hautement significatif (p < 0,01).

nombre de grains formés, ce dernier paramètre étant favorisé par la fumure azotée. Ce travail a aussi montré l'importance du nombre de grains formés pour obtenir de hauts rendements. Baethgen *et al.* (1995) indiquent que le nombre de grains par épi et le nombre de grains par unité de surface étaient les seules composantes pouvant être clairement associées au niveau de rendement.

Paramètres qualitatifs

Le poids à l'hectolitre était significativement plus élevé pour la variété deux rangs (tabl. 2). Dans la plupart des essais, l'effet de la fumure azotée s'est révélé positif, surtout si la densité était élevée (interaction densité × fumure hautement significative).

La teneur en protéines était significativement plus élevée pour la variété deux rangs (tabl. 2). La fumure azotée a renforcé systématiquement la teneur en protéines, en particulier pour la variété deux rangs (interaction variété × fumure). Réalisées sur un échantillonnage réduit, les analyses chimiques de la matière azotée (tabl. 3) et de l'azote du grain (tabl. 4) ont montré des résultats concordant avec la teneur en protéines mesu-

rée par NIRS (tabl. 2). La teneur en matière grasse était significativement plus élevée pour la variété deux rangs (tabl. 3). Ce résultat était également observé au niveau des teneurs en acides gras poly- (PUFA) et mono-insaturés (MUFA). La fumure azotée a contribué à réduire ces teneurs. La teneur en cendres était plus élevée pour la variété deux rangs (tabl. 3). Ce résultat peut être mis en relation avec les teneurs en minéraux généralement plus élevées de ce type de variété (tabl. 4). La variété six rangs, qui a de plus petits grains, a montré une teneur en cellulose plus élevée. La fumure azotée a réduit la teneur en cendres et en cellulose. La densité de semis n'a eu aucun effet sur ces variables de qualité dont les teneurs ont été influencées uniquement par la variété et la fumure azotée.

Seules les valeurs obtenues en situation de nutrition azotée suffisante (N_{rec}), peuvent être directement comparées à la Base suisse de données des aliments pour animaux (Station de recherche Agroscope ALP 2011). Les teneurs en matière azotée et en cendres étaient similaires, tandis les teneurs en matière grasse, et en particulier en acides gras poly-insaturés, étaient plutôt infé-

rieures. Ces basses teneurs peuvent être expliquées par les rendements élevés obtenus en 2006, bien que restant fortement variables en fonction des conditions pédoclimatiques. Ces comparaisons illustrent les écarts entre des situations singulières et les valeurs moyennes de référence pour la Suisse. En dépit de ces différences, les effets des facteurs étudiés restent valables.

Éléments minéraux

Les teneurs en éléments N, P, K, Mg ont beaucoup varié selon les essais, avec quelques effets significatifs des facteurs (tabl. 4). La variété deux rangs a généralement présenté des teneurs plus élevées en minéraux. Toutefois, les quantités prélevées par le grain (rendement × teneur) n'indiquaient aucune différence significative entre variétés. La densité de semis n'a pas eu d'effet significatif sur la teneur en éléments minéraux. La fumure azotée a entraîné des teneurs en azote plus élevées dans la paille et dans le grain. Les autres éléments minéraux ont subi une légère dilution, parfois significative, à mettre en relation avec l'effet de la fumure azotée sur le niveau de rendement. Aucune interaction entre facteurs n'a été observée.

Par rapport aux données de base pour la fumure les plus récentes (Sinaj *et al.* 2009), les valeurs moyennes observées se situaient généralement entre les valeurs minimales et maximales. Si les résultats pour l'azote étaient proches de la valeur de référence, les teneurs en autres éléments atteignaient des valeurs plutôt proches des valeurs minimales, tant pour la paille que pour le grain. Elles étaient même inférieures à cette limite pour le phosphore dans le grain. Ni la variation des teneurs entre sites, ni leurs valeurs absolues n'ont pu être expliquées par les analyses de sols. Les teneurs en phosphore dans le grain étaient toutes comparables, mis à part à Changins en 2005 où elles étaient un peu supérieures (sol lourd, niveau de fertilité jugé satisfaisant).

Pour un niveau de rendement similaire, les deux essais de 2005 n'ont pas montré de différence au niveau de la teneur en phosphore du grain, malgré une fertilité du sol considérée comme riche à Goumoëns. En 2006, les teneurs dans le grain étaient identiques, alors que le sol de Goumoëns était évalué comme médiocre et celui de Changins comme riche. La difficulté de relier la teneur en phosphore du sol extrait selon AA+EDTA et la teneur en phosphore des plantes indique que cet extractant n'est pas suffisant pour piloter l'état nutritionnel des plantes. Ces résultats mettent aussi en évidence l'étroitesse de la marge entre les valeurs minimales et maximales du phosphore dans les données de référence.

Conclusions

- Les variétés six et deux rangs se sont différenciées au niveau du rendement, de la formation du rendement et de facteurs de qualité.
- Le rendement supérieur de la variété six rangs a été expliqué par un nombre supérieur de grains.
- Le tallage supérieur de la variété deux rangs et des grains plus lourds n'étaient pas suffisants pour compenser le nombre inférieur de grains.
- Le comportement plus variable de la variété six rangs et sa réaction favorable à une densité de semis élevée peut être valorisée lorsque les conditions de croissance sont particulièrement favorables.
- Le fractionnement des apports d'azote en fonction des variétés et des conditions pédoclimatiques pourrait valoriser la capacité supérieure de tallage et les grains plus lourds des variétés deux rangs, ainsi que le nombre supérieur de grains formés par les variétés six rangs. ■

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 varietà a due file un accostamento maggiore e dei semi più pesanti non sono stati sufficienti per compensare 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.

Bibliographie

- Baethgen W. E., Christianson C. B. & Lamothe A. G., 1995. Nitrogen fertilizer 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-triticales: 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.
- Gomez K. A. & Gomez A. A., 1984. Statistical Procedures for Agricultural Research. Wiley-Interscience, 2^e édition. 680 p.
- 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.
- 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.
- Levy Häner L., Collaud J., Schwaerzel R., Bertossa M., Hiltbrunner J., Anders M., Stoll P. & Peter D., 2010. Liste recommandée des variétés de céréales pour la récolte 2011. *Recherche Agronomique Suisse* **1** (7–8).
- Richner W., Flisch R., Sinaj S. & Charles R., 2010. Détermination des normes de fumure azotée pour les grandes cultures. *Recherche Agronomique Suisse* **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.
- Station de recherche Agroscope ALP, 2011. Base suisse de données des aliments pour animaux. Accès : <http://www.agroscope.admin.ch/futtermitteldatenbank>

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.