
ANPP – QUATRIEME CONFERENCE INTERNATIONALE
SUR LES MALADIES DES PLANTES
BORDEAUX – 6, 7, 8 DECEMBRE 1994

FUMURE AZOTEE ET PROTECTION FONGICIDE DES CEREALES
D'HIVER EN BELGIQUE

B. BODSON⁽¹⁾, P. MEEUS⁽²⁾ et A. FALISSE⁽¹⁾

⁽¹⁾U.E.R. Phytotechnie, Faculté des Sciences Agronomiques,
B-5030 Gembloux

⁽²⁾Station de Phytopharmacie, Centre de Recherches Agronomiques,
B-5030 Gembloux

RESUME:

La détermination et le fractionnement de la fumure azotée des céréales d'hiver tels que proposés et pratiqués en Belgique comprend trois apports aux stades tallage, redressement et dernière feuille. Tout en permettant d'améliorer le rendement et la qualité de la récolte, il contribue largement à limiter le développement des maladies cryptogamiques et donc le nombre de traitements fongicides nécessaires pour atteindre un optimum économique.

Mots-clés:

Céréales d'hiver, fumure azotée, fractionnement, protection fongicide, rendement.

SUMMARY:

NITROGEN DRESSING AND FUNGICIDE PROTECTION OF WINTER CEREALS IN BELGIUM

The determination and the splitting of winter cereals nitrogen fertilisation as proposed and used in Belgium include three applications (tillering, beginning of stem elongation, flag leaf). While permitting to improve yield and haven quality, this largely contribute to limit cryptogamic diseases development and thus the number of fungicide treatments needed to achieve an economic optimum.

Keywords:

Winter cereals, nitrogen dressing, split application, fungicide protection, yield.

Introduction

Les relations entre fumure azotée et développement des maladies cryptogamiques des céréales ont déjà fait l'objet de nombreuses études. Les relations entre les quantités d'azote apportées à la culture et le développement des diverses maladies ont été bien mises en évidence par Parmentier (1971), Falisse (1975a) ainsi que Jenkin et Bainbridge (1978) pour l'oïdium, par Rappilly et al (1971) et Falisse (1975b) pour les septorioses et fusarioses de l'épi en blé, par Locke et al (1981) pour *Pyrenophora teres* en orge et par Jordan et Taar (1979) pour *Rhynchosporium secalis* en orge. Tout excès d'azote mis à la disposition de la plante durant sa croissance, accroît le risque de développement de ces maladies.

En Belgique, depuis de nombreuses années la fumure azotée des céréales d'hiver est apportée en trois fractions aux stades tallage (GS 25), redressement (GS 30) et dernière feuille (GS 37). La fumure azotée y est raisonnée et déterminée pour chaque parcelle individuellement, fraction par fraction, juste avant l'application de chacun des trois apports. Les conseils de fumure sont élaborés sur base de propositions de choix entre des paramètres pédoclimatiques et culturaux liés à la situation propre à la parcelle. Ces choix amènent à des corrections par rapport à une fumure de référence, habituellement égale à 50 kg N/ha pour chacune des trois fractions (Falisse et al, 1994).

Ce mode de détermination de la fumure azotée permet d'atteindre un rendement proche de l'optimum économique, une récolte de qualité, le respect de l'environnement par l'absence de reliquat important après culture grâce à l'adaptation étroite, tout au long de la culture des disponibilités azotées aux besoins réels des plantes (Bodson et al, 1990). Un autre avantage de ce fractionnement progressif en trois apports est de limiter les risques de suralimentation momentanée en azote et donc les situations favorables au développement trop important des maladies cryptogamiques.

L'expérimentation mise en place en 1992 et 1993 sur le thème "relation entre fumure azotée et protection fongicide" illustre l'effet bénéfique du fractionnement en trois apports dont un au stade dernière feuille.

Matériel et méthodes

Les essais ont été réalisés à Lonzée (Gembloux) sur un sol limoneux profond. Le froment a été implanté après betterave sucrière feuilles enfouies, l'orge après froment. Les essais ont été réalisés en split plot où les grandes parcelles étaient constituées par les différents niveaux de protection fongicide (0, 1 ou 2 traitements fongicides) et les petites parcelles par les différentes fumures azotées (12 en 1992, 15 en 1993). Le tout était répété 4 fois. Les trois niveaux de protection fongicide étudiés ont été l'absence de traitement, un traitement complet au stade 59 pour le blé (39 pour l'orge) et un traitement en deux applications aux stades 39 et 59 pour le blé (ou 31 et 39 pour l'orge). Les fongicides utilisés et la situation sanitaire de chaque essai sont repris dans le tableau I. Les fumures azotées totales, comprises entre 0 et 300

kg/ha, ont été apportées en trois fractions aux stades tallage, redressement et dernière feuille, la dose de chaque fraction variait entre 0 et 100 kg N/ha.

Tableau I: Etat sanitaire et fongicides utilisés dans les essais – Sanitary status and fungicides applied in the trials.

Essai Culture Variétés	FH93.32 Froment Forby	FH92.18 Froment Forby	ES93.06 Escourgeon Thalassa
Fongicide Stade 39	prochloraz 337 g + fenpropimorph 562 g	hexaconazole 250 g + carbendazine 150 g	propiconazole 125
Fongicide Stade 59	hexaconazole 187 g + chlorothalonil 750 g	tebuconazole 250 g + triadimenol 125 g	fluzilazole 250 g + chlorothalonil 500 g
Maladies	Oïdium, septoriose attaque sévère	Oïdium, septoriose attaque modérée	helminthosporiose, rhynchosporiose attaque modérée

* Respectivement stade 31 et stade 39 pour l'essai ES93-06.

Le protocole "fumure" utilisé était de type composite (Oger, 1985). L'interprétation des résultats de rendement est réalisé par le calcul, pour chaque niveau de protection fongicide, de surfaces de réponses où la variable dépendante Y (rendement) est exprimée en fonction des doses d'azote à chacune des trois fractions (X1, X2, X3) dans l'équation (Oger, 1994):

$$Y = a + \sum_{j=1}^3 b_j 0,99^{x_j} + \sum_{j=1}^3 \sum_{i < j} b_{ij} 0,99^{(x_i + x_j)} + b_{123} 0,99^{(x_1 + x_2 + x_3)} + \sum_{j=1}^3 d_j x_j$$

Par interpolation sur base de cette équation, il est possible de calculer, avec une grande précision (r^2 des surfaces de réponse pour les essais compris entre 0,88 et 0,99), le rendement pour l'ensemble des modalités de fumure intermédiaires à l'intérieur de la gamme des fumures explorées.

L'influence des traitements fongicides, est mesurée en comparant pour une même fumure les rendements calculés à partir de chacune des surfaces de réponses. Le tableau II reprend, à titre d'exemple, une présentation des résultats.

Résultats et discussions

Le tableau II illustre, la variation, en fonction de la fumure azotée, des gains de rendements apportés par un double traitement fongicide dans l'essai FH93.32.

Lorsque la fumure azotée augmente, la protection fongicide, en contrôlant le développement des maladies fongiques, permet à la culture de mieux exprimer son potentiel de rendement. Dans cet essai, l'écart de rendement entre culture non traitée et culture ayant reçu deux applications fongicides passe de 103 kg/ha en absence de fumure azotée à 1723 kg/ha pour une fumure de 300 kg/N. L'influence du fractionnement est manifeste:

l'accroissement de fumure à l'une ou l'autre des fractions n'induit, en effet, pas le même gain de rendement par la protection fongicide.

Tableau II: Gains de rendement en kg/ha dûs à un double traitement fongicide en fonction de la fumure azotée (dose totale et fractionnement). Essai Lonzeé FH93.32. – *Increases of yield in kg ha⁻¹ due to two fungicide treatments in function of the nitrogen dressing (total dosis and splitting). Trial Lonzee FH93.32.*

Dose Tallage	Dose Redressement	Dose dernière feuille					
		0	20	40	60	80	100
0	0	103	285	435	561	665	752
0	20	224	395	536	654	753	835
0	40	363	525	660	772	865	944
0	60	518	673	802	909	998	1074
0	80	686	835	958	1062	1148	1221
0	100	864	1008	1128	1228	1312	1382
20	0	188	357	498	615	713	795
20	20	307	467	600	710	802	880
20	40	446	598	724	829	917	991
20	60	600	745	866	967	1051	1122
20	80	768	907	1024	1121	1202	1271
20	100	945	1081	1193	1288	1367	1433
40	0	246	436	568	679	771	849
40	20	395	546	671	775	863	936
40	40	533	676	795	895	978	1049
40	60	687	824	938	1034	1114	1182
40	80	854	986	1096	1189	1266	1331
40	100	1031	1159	1266	1356	1431	1495
60	0	368	520	645	750	838	912
60	20	486	629	749	848	931	1002
60	40	624	760	874	969	1048	1115
60	60	777	908	1017	1108	1185	1250
60	80	944	1070	1175	1263	1338	1400
60	100	1121	1243	1346	1431	1503	1564
80	0	463	608	728	829	913	984
80	20	581	718	832	927	1007	1075
80	40	718	848	957	1048	1125	1190
80	60	871	996	1101	1189	1262	1325
80	80	1037	1158	1259	1344	1416	1476
80	100	1214	1332	1430	1513	1582	1641
100	0	560	699	815	912	993	1062
100	20	677	809	919	1011	1088	1154
100	40	814	940	1045	1133	1207	1270
100	60	967	1088	1189	1274	1345	1406
100	80	1133	1250	1348	1430	1499	1558
100	100	1309	1423	1519	1598	1666	1723

Les tableaux III, IV et V montrent l'incidence du fractionnement lorsque la fumure se trouve dans la zone de son niveau total économiquement optimal.

Dans ces tableaux n'ont été repris que les résultats des modalités de fumure proches de celles conseillées pour les conditions de culture des essais. Dans l'essai FH92.18 (tableau III), il apparaît clairement qu'un fractionnement de la fumure en trois apports équilibrés s'accompagne d'une réduction des gains de rendement dus à la protection fongicide. Un fractionnement en trois apports (par exemple 60, 40, 60: fumure conseillée pour cet essai) diminue le risque de développement de maladies tôt dans la saison et ainsi permet de limiter la nécessité de traitements hâtifs et d'axer la protection fongicide principalement sur les stades proches de l'épiaison. Dans ce cas précis, l'apport d'un traitement au stade dernière feuille n'était que de 20 kg/ha. Dans cet essai, le fractionnement des 100 unités nécessaires durant la montaison en deux fractions (GS30 et GS37) avec un seul traitement à l'épiaison s'avère plus rentable que l'apport en une fois au stade "épis à un cm" avec une double protection. L'apport de la fumure azotée, en une fois, au stade dernière feuille avec une double application fongicide est par contre légèrement plus avantageux même en tenant compte d'un coût de traitement fongicide équivalent à 400 kg de grains par ha (Falisse et al., 1994). Ceci peut s'expliquer par la très bonne récupération par la culture de la fumure de dernière feuille ($\pm 75\%$) (Bodson et al, 1994).

Tableau III: Influence du fractionnement de la fumure sur le rendement de culture de froment d'hiver ayant reçu 1 ou 2 traitements fongicides et sur les gains de rendement dus au double traitement fongicide. Essai Loncée FH92.18 – Niveau de fumure azotée économiquement optimal 160 kg N/ha – Influence on split-applied nitrogen dressing on the winter wheat yield treated with one or two fungicides on the yield increases due to the double fungicide treatment. Trials Loncée FH92.18. Economic optimal level of nitrogen dressing: 160 kg N.ha⁻¹.

Fumure N en kg/ha			Rendement en kg/ha		Gain de rendement dû à 2 fong. en kg/ha
GS25	GS30	GS37	2 fong.	1 fong.	
40	20	100	9281	8764	730
40	40	80	9056	8895	543
40	60	60	8846	8899	427
40	80	40	8665	8788	393
40	100	20	8529	8571	450
60	0	100	9523	8717	866
60	20	80	9215	8890	613
60	40	60	8961	8941	448
60	60	40	8772	8885	377
60	80	20	8663	8732	410
60	100	0	8651	8488	562

Dans l'essai FH93.32 (tableau IV), le report d'une partie de la fumure du stade redressement GS30 vers le stade dernière feuille GS37 s'avère bénéfique sur le rendement et sur la qualité du grain. Dans cet essai où la pression des maladies était beaucoup plus forte, avec notamment des attaques précoces d'oïdium, apparaît la nécessité d'un double traitement fongicide pour la fumure recommandée (60, 60, 40). On observe aussi que le glissement d'une partie de plus en plus importante de la fumure du stade GS30 vers le stade GS37

diminue l'impact des maladies sur le rendement, même si celui-ci décroît lorsque le report est trop élevé.

Tableau IV: Influence du fractionnement de la fumure sur le rendement de culture de froment d'hiver ayant reçu 1 ou 2 traitements fongicides, sur les gains de rendement dus au double traitement fongicide et sur la qualité du grain. Essai Loncée FH93.32 – Niveau de fumure azotée économiquement optimal 160 kg N/ha – Influence of split-applied nitrogen dressing on the winter wheat yield treated with one or two fungicides, on the yield increases due to the double fungicide treatment and on the grain quality. Trial Lonzee FH93.32 Economic optimal level of nitrogen dressing: 160 kg N ha⁻¹

Fumure N en kg/ha			Rendement en kg/ha		Gains de rendement dû à 2 fong. en kg/ha	Teneur en protéines en %	Zeleny en ml
GS25	GS30	GS37	2 fong.	1 fong.			
40	20	100	8894	8388	936	11,7	26
40	40	80	9355	8771	978	10,8	23
40	60	60	9667	9023	1034	9,9	21
40	80	40	9817	9134	1096	9,2	19
40	100	20	9788	9091	1159	9,0	18
60	0	100	8797	8341	912	11,5	26
60	20	80	9248	8704	931	10,7	23
60	40	60	9553	8946	969	10,0	21
60	60	40	9698	9056	1017	9,4	20
60	80	20	9666	9022	1070	9,2	19
60	100	0	9480	8823	1121	9,2	19

En orge d'hiver (tableau V, essai ES93.06) où le niveau d'attaque fongique était modéré, on observe les mêmes tendances que dans l'essai FH92.18. A la fumure recommandée (20, 60, 60 + 25 au semis), le gain de rendement dû à la double protection est plus faible que lorsque la fumure de redressement est plus élevée; dans ces conditions, la culture qui n'a reçu qu'un seul traitement au stade dernière feuille étalée (GS39), est plus rentable.

Dans ces essais, le meilleur fractionnement de la fumure peut parfois paraître assez particulier: 0, 100, 60 dans l'essai FH93.32, 60, 0, 100 dans l'essai FH92.18. Ces observations ne sont pas exceptionnelles: la fumure optimale varie fortement tant du point de vue de sa dose totale que de son fractionnement en fonction des conditions pédoclimatiques et culturales (Bodson et al., 1990). Chacune des trois fractions peut varier de 0 à 100 kg N/ha, hormis l'apport de dernière feuille qui, en moyenne, doit être de l'ordre de 50 kg N/ha (Bodson et al., 1994).

Le mode de détermination de la fumure proposé aux agriculteurs ne conduira que très rarement à des fumures aussi extrêmes (0 ou 100 kg/ha à l'une ou l'autre des fractions). Il permet d'apporter la fumure de tallage redressement en deux fractions, de répartir la dose en fonction de l'évolution de la végétation et d'éviter des sous-fumures ou des fumures momentanément excessives qui pourraient s'avérer préjudiciables du fait des conditions

climatiques ultérieures. Il offre donc une grande sécurité d'utilisation et en moyenne une rentabilité optimale.

Tableau V: Influence du fractionnement de la fumure sur le rendement de culture d'escourgeon ayant reçu 1 ou 2 traitements fongicides et sur les gains de rendement dûs au double traitement fongicide. Essai Lonzeé ES93.06 – Niveau de fumure azotée économiquement optimal 165 kg N/ha dont 25 kg N/ha au semis sur l'ensemble de l'essai – *Influence of split-applied nitrogen dressing on the winter barley yield treated with one or two fungicides and on the yield increases due to the double fungicide treatment. Trial Lonzeé ES93.06 Economic optimal level of nitrogen dressing: 165 kg N.ha⁻¹ with 25 kg N ha⁻¹ at sowing on the whole trial.*

Fumure N en kg/ha			Rendement en kg/ha		Gain de rendement dû à 2 fung. en kg/ha
GS25	GS30	GS37	2 fung.	1 fung.	
20	20	100	8791	8924	327
20	40	80	9018	9157	380
20	60	60	9187	9289	537
20	80	40	9298	9339	778
20	100	20	9351	9305	1088
40	0	100	8729	8797	513
40	20	80	8936	9039	432
40	40	60	9085	9182	488
40	60	40	9179	9231	656
40	80	20	9214	9190	917
40	100	0	9187	9057	1257

Conclusions

Dans les conditions de culture des céréales d'hiver de la région limoneuse belge, une fertilisation azotée bien adaptée aux conditions de croissance propres à chaque parcelle et fractionnée en trois apports peut, outre ses effets bénéfiques sur le rendement et la qualité du grain, contribuer, lorsque le niveau d'attaque des maladies n'est pas trop important, à réduire la protection fongicide de la culture.

Bibliographie

- Bodson et al. 1990 – Limitation des reliquats azotés après céréales d'hiver par un raisonnement approprié de la fumure azotée – Nitrates agriculture, eau. INRA Paris, 455–460
- Bodson et al. 1994 – Study of the dynamic of uptake by winter wheat of split applied nitrogen and of the rôle of each dressing to improve nitrogen balance and crop's economic optimum. Proc. 3rd ESA congress, Abano Padova, 1994 (à paraître).
- Falisse A. 1975 a – Mode de fractionnement de la fumure azotée et protection fongicide du froment d'hiver. *Parasitica*, 31 (3): 84–95.
- Falisse A. 1975 b – Protection fongicide et renforcement des fumures azotées du froment d'hiver. *Parasitica*, 31, (3): 96–104.
- Falisse A., Seutin E. et al 1994 – Fumure et protection phytosanitaire des céréales. F.S.A. et C.R.A. Gembloux. 220 p.
- Jenkin J-F. and Bainbridge A. 1978 – The powdery mildews. Biology and Pathology of cereal powdery mildews. In: "The Powdery mildews 1978" D.M. Spencer: 283–321.
- Jordan V.W.L. et Taar H.S. 1979. Spring Barley – Nitrogen/disease interactions. Report of the Long Ashton Research Station for 1978: 136–137.
- Laloux R., 1973 – Une méthode de conduite de culture et de fractionnement de la fumure azotée encéréales. Bulletin des recherches agronomiques de Gembloux, n° hors série. Semaine d'étude: Sol et fertilisations 1973, 507–515.
- Locke T et al. 1981 – A review of factors influencing net blotch of barley and current information on fungicidal control. *Br. Crop Prot. Conf. Pests and Dis.* (1): 283–290.
- Oger R. 1985 – Les surfaces de réponses à 3 dimensions: quel dispositif expérimental choisir? *Biometrie, Praximétrie*, 25, 91–112.
- Oger R. 1994 – Le choix et l'interprétation des fonctions de réponse à la fumure azotée des céréales. Bulletin des recherches agronomiques de Gembloux (à paraître).
- Parmentier G. 1971 – Oïdium des céréales. Centre de Recherches Agronomiques de l'Etat, Gembloux – Note technique 3/05, 19 p.
- Rapilly F. et al, 1971. Les principales maladies cryptogamiques des céréales. INRA et ITCF, Paris 189 p.