

コムギのタンパク質含量適正化のための全量基肥施用技術

武井真理*・池田彰弘**

摘要：愛知県における品種「農林61号」を主体としたコムギ栽培について、肥培管理の省力化、収量の安定化並びに精麦タンパク質含量の向上を目的として、コムギの全量基肥施用技術を検討した。供試した配合肥料には、初期生育確保のために速効性窒素とリニア型30日タイプ被覆尿素(LP30)を、また収量安定、タンパク質向上のためにシグモイド型30日タイプ被覆尿素(UT30)をそれぞれ等しい窒素量で混合した。

LP30は、施用直後より溶出を開始し、低温期の分けつ期にも順調に窒素供給を行い茎数確保に有効であった。さらに、出穂期以降も20%程度の溶出がみられ栽培期間を通じて溶出が継続した。一方、UT30は低温期にはほとんど溶出せず、2月中旬から3月上旬に溶出を開始し出穂期までに60%が溶出した。成熟期での残存量は5%程度であり、概ね期待した溶出パターンを示した。

供試配合肥料による全量基肥栽培は慣行分施肥栽培と同等以上の生育量及び収量が確保された。また、全量基肥区の精麦タンパク質含有率は、分施肥区に比較して、0.2~0.6%程度上昇し、適正とされる9.5~10.5%の範囲に収まった。

以上から、全量基肥施用技術の適用により、省力性を損なうことなく慣行分施肥と同等の収量が確保でき、精麦タンパク質含量を慣行分施肥栽培よりも向上させることが可能と判断した。

キーワード：コムギ、農林61号、全量基肥、被覆尿素、タンパク質含量

Improvement of Grain Protein Content by the Non-split Application of Fertilizer in Wheat Culture

TAKEI Mari and IKEDA Akihiro

Abstract : To improve the grain protein content and to save labor for fertilizing, the non-split application of fertilizer was evaluated compared with conventional fertilizing in wheat culture of Aichi prefecture, Japan. The quick acting fertilizer such as ammonium sulfate, the linear type controlled-release urea LP30 and the sigmoid type one UT30 were blended equivalently in Nitrogen contents and put as the basal dressing just before seeding variety Norin-61 which was very popular in Aichi prefecture.

Non-split application by the blended fertilizer improved nitrogen recovery rate in wheat plant and raised grain protein contents compared with split application. Besides, the grain yields of both application showed no significant difference.

LP 30 started to release nitrogen N as soon as they were applied and continuously released N till harvesting time according to soil temperature however about 20 percents of N had still remained in soil after harvesting.

UT30 was estimated to start releasing at mid February and 60 percents N was released till heading time and about 95 percents till maturing time.

We have been considering that the nitrogen-release from seeding time to the maximum tiller number stage and also during the maturing period were effective to increased the protein contents in wheat grain. So, these nitrogen releasing pattern of UT30 and LP30 were thought to be adapted for the growth phase of our cultivation system.

As the result of this experiment, it was learned that by using the non-split application of controlled-release fertilizer, wheat protein contents were increased about 0.5% compared with conventional fertilizing without a yield drop.

Key Words : Wheat culture, Variety Nourin-61, Non-split application , Coated Urea, Protein content

材料及び方法

緒言

愛知県では、麦作の本作化に伴い、作付け面積が急増している。民間流通に対応するためには高品質であることが前提となるが、実需者が要求する基準を満たさない事例も散見される。中でもコムギの重要な品質項目の1つ、タンパク質含量がやや低い傾向が認められ、実需者から改善要求が高まっている。

そこで、本県では2000年に実需、生産者、指導機関等からなる民間流通協議会で自主タンパク含有率基準(9.5~10.5%)を設け、この実現に向け現場では出穂期の施肥、いわゆる実肥施用¹⁻⁹⁾に取り組む例も見られた。

しかし、本技術は作業性が悪く、施肥時期がコシヒカリの移植時期と競合するため、本県に特徴的な大規模経営の中に組み込みにくい特質を持つ。また、表層施肥となるため、肥効が降雨まかせとなることも問題である。その一方で、実需要望の上限値11%を超えるコムギも増加しており、表層施肥によるタンパク質含量のコントロールが難しいことを示している。

愛知農総試では大規模営農に対応した省力性の確保を前提とした全量基肥施用技術を既に開発しているが¹⁰⁾、さらに安定した収量性並びにタンパク質含量の適正化を実現しうる新しい全量基肥施肥肥料の組立に1998年より取り組んできた。この肥料の特徴は、初期生育確保並びに茎数の維持を目的とした速効性窒素及びリニア型被覆尿素肥料に加え、出穂期以降の実肥としての肥効を確保できるシグモイド型被覆尿素肥料を配合したところにある。この新しい全量基肥施肥技術について、2000~2004年に行った試験の結果を報告する。

1 コムギ栽培における全量基肥施用技術の検討

栽培試験は、2000~2002年に農業総合試験場作物研究部の水田(細粒灰色台地土:表1)において「農林61号」を用い、表2に示した概要で行った。

供試した配合肥料は、コムギの窒素吸収特性、栽培時期の地温動向および溶出パターンを考慮して、初期生育確保のために速効性窒素とリニア型30日タイプ被覆尿素(商品名LP30、以下同)を、また収量安定、タンパク質向上のためにシグモイド型30日タイプ被覆尿素(商品名UT30、以下同)を同一窒素量で混合した。対照として、粒状配合肥料を基肥として窒素で m^2 あたり6g、穂肥として3gを2月下旬および3月下旬に2回施用する分施肥区を設けた。また、無肥料区を設けた(表3)。

2 全量基肥肥料の現地実証試験

配合肥料の現地適応性を見るため、豊田市、西尾市、岡崎市、安城市、碧南市、幸田町、吉良町、一色町、弥富町、十四山村の水田に、2000年に7地点、2001年には11地点、2002年に13地点の現地実証ほを設け、収量、収量構成要素、精麦窒素濃度を調査し、現地慣行栽培と比較した。配合肥料の施肥量は現地慣行栽培の施用実態を勘案し、 m^2 あたり10~12gNとした。

3 調査方法

1) ほ場埋設法による被覆尿素肥料からの窒素供給確認

播種時に試験ほ場内の約5cmの深さにサランネットに詰めた被覆尿素肥料(LP30、UT30)を埋設し、2週間毎に回収した。水洗後、肥料粒をケルダール法により分解し、蒸留法により残存窒素量を測定した(2001年、2004年)。

表1 試験地土壌の化学性(乾土100gあたり)

試験年次	T-N	T-C	C/N	CEC	土性	土壌統群
	%	%		me		
2000	0.12	1.28	10.9	13.5	LiC	細粒灰色台地土
2001	0.12	1.28	10.7	13.5	LiC	細粒灰色台地土
2002	0.11	1.25	11.4	13.5	LiC	細粒灰色台地土

表2 場内試験(長久手町)の耕種概要

試験年次	基肥	播種日	播種量	出芽期	追肥	追肥	出穂期	成熟期	試験規模
	月/日	月/日	kg/10a	月/日	月/日	月/日	月/日	月/日	m^2 /区
2000	12/1	12/1	12.5	1/3	2/15	3/30	5/5	6/15	58.5
2001	11/24	11/24	9.0	1/3	2/21	3/27	4/24	6/7	75.0
2002	11/21	11/21	9.0	12/10	2/18	3/18	4/18	6/6	100.0

注) 播種はドリルシーダを利用。条間:2000年は20cm、2001および2002年は25cm。

表3 場内(長久手町)における施肥試験区の設定(2000~2002)

試験区	基肥(kg/10a)			追肥(kg/10a)			追肥(kg/10a)			備考
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
全量基肥	12.0	7.2	8.4	-	-	-	-	-	-	試験配合(20-12-14、N配合比 NH ₄ -N:LP30:UT30=1:1:1)
対照(分施肥)	6.0	8.0	6.0	3.0	0.0	3.0	3.0	0.0	3.0	基肥BB464(14-16-14)、追肥BBNK6(17-0-17)
無肥料	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

注) 分施肥および全量基肥は全面全層施用。

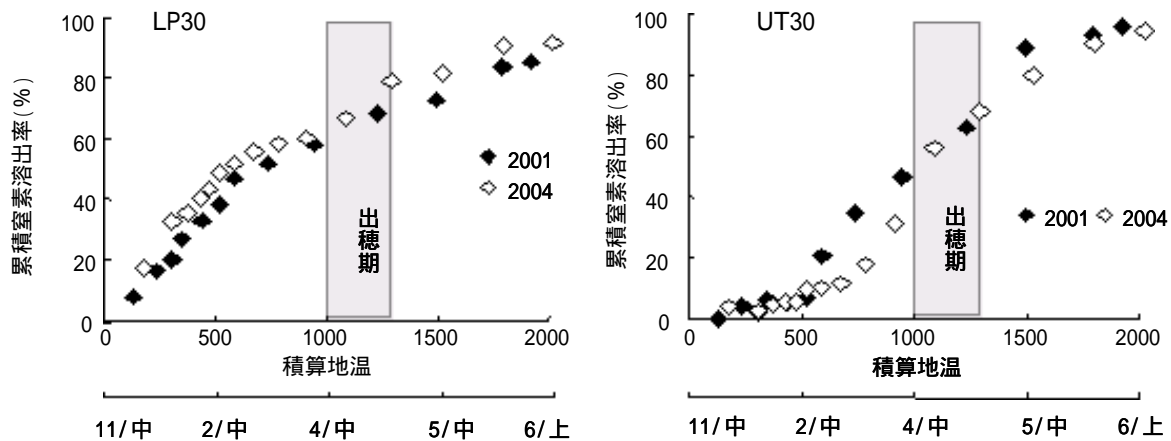


図1 埋設した被覆尿素肥料からの窒素溶出率の推移

2) 生育調査

草丈、茎数、葉色について1区当たり1条1mを2連制で3月下旬に調査した。

3) 収量調査

成熟期には5条2m、2連制で刈り取り、収量および構成要素を調査した。また、精麦粒について、ケルダール分解-蒸留法により窒素を測定し、整粒歩合、硝子程度を調査した。

4) 作物体分析

成熟期に1区当たり1条50cmを採取し、乾式燃焼法(N、C-ANALYZER、住化分析センターK.K.製)により、わら及び粗麦の窒素濃度を測定した。

5) ペースト色調査: 14.5%水分に調質した麦粒を、ブラバンダーテストミルで製粉した後、色彩色差計(ミノルタCM-3000d: D65光源)を用い測定した。なお、測定は、6gのコムギ粉(A粉)に8gの蒸留水を加え60秒攪拌し、加水後90~120秒の間に行った。

試験結果

1 被覆尿素肥料の窒素供給パターン

2001年に行った被覆尿素肥料からの窒素溶出率をみると、リニア型のLP30は、施用直後より溶出を開始し、低温期でも分けつ期に順調に窒素供給を行い、栽培期間を通して肥効が継続した。これは、茎数確保に有効であり、出穂期以降も20%程度の溶出が継続した。一方、シグモイド型のUT30は低温期にはほとんど溶出せず、2月中旬から3月上旬に溶出を開始し、その後、出穂期までに60%が溶出し、成熟期での残存量は5%程度であり、概ね期待した溶出パターンを示した。両肥料ともに成熟期までにほとんどが溶出した(図1)。

埋設した各被覆尿素肥料の溶出率から、全量基肥肥料の窒素溶出パターンを計算すると、図2のようにコムギの生育相に合致し、出穂期以降に20%程度の実肥肥効を残す溶出パターンを示した。

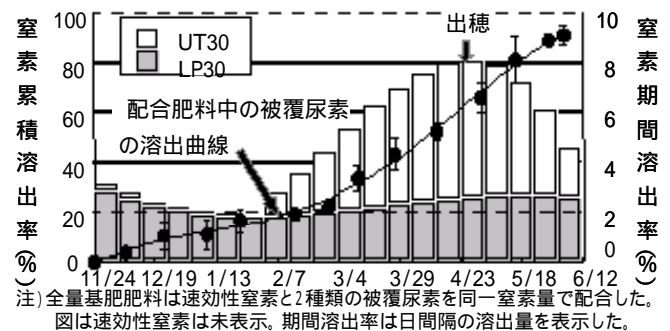


図2 全量基肥肥料の被覆尿素からの窒素溶出(2001年)

2 コムギ全量基肥栽培の生育・収量

(1) 生育期間中の気象

麦作期間中の気温は、2000年(播種年、以下同)は平年に比べ1月は高温、2月下旬は低温傾向であった。2001年は、1月から4月まで寒暖の差が激しく、2002年は、1月以降、概ね平年より高温傾向で推移した。2001年の麦作期間は、平年に比べ降水量が少なく、特に、出穂期から成熟期にかけての乾燥が激しかった。

(2) コムギの生育・収量

2000年から2002年の生育調査結果を表4に示した。

各試験年次の出芽は概ね良好で、出芽数は190~210本/m²程度で区による差は認められなかった。2000年の生育調査では、3月下旬での草丈、茎数、葉色は、全量基肥区は対照区に及ばなかった。また、成熟期の稈長、穂長、穂数も同様の傾向であった。一方、2001年および2002年には、全量基肥区の3月下旬の茎数をみると、対照区以上の本数が確保されていた。成熟期の穂長および穂数も、適全量基肥区が対照区に勝る傾向を維持していた。

表5に収量調査結果を示した。

精麦重を見ると、僅差で劣った2000年を除いて、全量基肥区では対照区以上の収量を得られた。千粒重は2000年の対照区で36g程度とやや小粒化傾向であったが、全量基肥区は対照区とほぼ同等であった。また、全量基肥

表4 施肥法がコムギの生育に及ぼす影響

試験年次	処理区	3月下旬			出穂期		成熟期		
		草丈	茎数	葉色	止葉葉色	稈長	穂長	穂数	
		cm	本/m ²	SPAD	SPAD	cm	cm	本/m ²	
2000	全量基肥	22.1	1178	48.9	-	83	8.0	595	
	対照(分施)	24.0	1500	51.9	-	85	8.4	695	
	無肥料	16.2	678	35.1	-	55	6.2	230	
2001	全量基肥	25.3	676	45.6	-	69	7.4	402	
	対照(分施)	26.5	536	45.0	-	72	7.2	366	
	無肥料	16.7	232	32.2	-	56	6.3	168	
2002	全量基肥	41.2	888	46.6	41.7	88	9.4	508	
	対照(分施)	36.6	692	37.4	40.0	89	8.8	432	
	無肥料	24.2	368	30.6	31.7	61	7.6	142	

注) 2000年は3月29日、2001年は3月27日、2002年は3月25日に調査

表5 施肥法がコムギの収量品質に及ぼす影響

試験年次	処理区	茎葉部 ¹⁾	精麦重 ²⁾	千粒重 ²⁾	精麦タンパク質 ³⁾	整粒歩合	硝子率 ⁴⁾	容積重
		g/m ²	g/m ²	g	%	%	%	g/L
2000	全量基肥	634	522 (97)	39.5 (109)	10.5 (109)	92.6	70.3	815
	対照(分施)	704	537 (100)	36.2 (100)	9.6 (100)	86.6	42.0	772
	無肥料	116	124 (23)	34.9 (96)	9.4 (98)	89.5	5.3	803
2001	全量基肥	383	366 (118)	38.6 (95)	11.7 (108)	93.1	92.4	828
	対照(分施)	351	309 (100)	40.5 (100)	10.8 (100)	92.9	79.5	825
	無肥料	106	87 (28)	35.5 (88)	10.3 (95)	93.2	22.5	822
2002	全量基肥	617	598 (115)	39.5 (100)	9.9 (107)	93.2	26.5	832
	対照(分施)	480	519 (100)	39.6 (100)	9.3 (100)	97.6	6.5	823
	無肥料	136	160 (31)	38.3 (97)	10.5 (113)	95.7	8.5	830

注 1) 茎葉部は乾物 2) 精麦重、千粒重は12.5%水分で表示 3) 精麦タンパク質は換算係数5.70、13.5%水分で表示 4) 硝子率は (硝子質 × 1 + 中間質 × 0.5) / 全粒数 × 100. () 内は対照区を100とした場合の比。

表6 施肥法がコムギの窒素吸収に及ぼす影響

試験年次	処理区	窒素濃度(乾物%)		窒素含有量(gN/m ²)			施肥窒素(gN/m ²)		施肥窒素利用率(%)	
		茎葉部	麦粒	茎葉部	麦粒	合計	施肥量	溶出量加味	施肥量から	溶出量加味
2000	全量基肥	0.26	1.76	1.6	9.5	11.2	12.0	11.3	73.3	77.9
	対照(分施)	0.24	1.70	1.9	9.5	11.4	12.0	12.0	75.0	75.0
	無肥料	0.27	1.62	0.3	2.1	2.4	0.0	0.0	-	-
2001	全量基肥	0.26	2.20	1.0	7.2	8.3	12.0	11.3	55.8	59.3
	対照(分施)	0.27	2.00	0.9	5.5	6.4	12.0	12.0	40.0	40.0
	無肥料	0.19	1.89	0.2	1.5	1.6	0.0	0.0	-	-
2002	全量基肥	0.22	1.88	1.3	10.1	11.5	12.0	11.1	70.0	75.3
	対照(分施)	0.22	1.68	1.1	7.6	8.6	12.0	12.0	46.4	46.4
	無肥料	0.20	1.98	0.3	2.8	3.1	0.0	0.0	-	-

による改善の目的とした精麦タンパク質含量は、対照区に比較して0.6~0.9%程度上昇した。一方、硝子率は、タンパク質含量が10.5%を越えると急激に上昇するが(図3)、未熟硝子粒が増加することは無かった。

3 窒素吸収特性

窒素含有量および施肥窒素利用率は、全量基肥区が対照区に比べ、高くなる傾向がみられた(表6)。2000年の窒素含有量は、ほぼ同等で、施肥窒素利用率も対照区に比べ、やや低かったが、溶出試験結果より算出した溶出量から施肥窒素利用率を算出すると、全量基肥区が対照区に比べ高い値を示した。

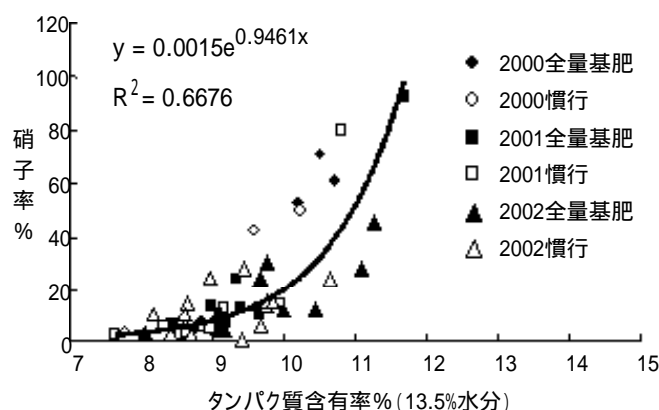


図3 コムギの硝子率とタンパク質含有率の関係

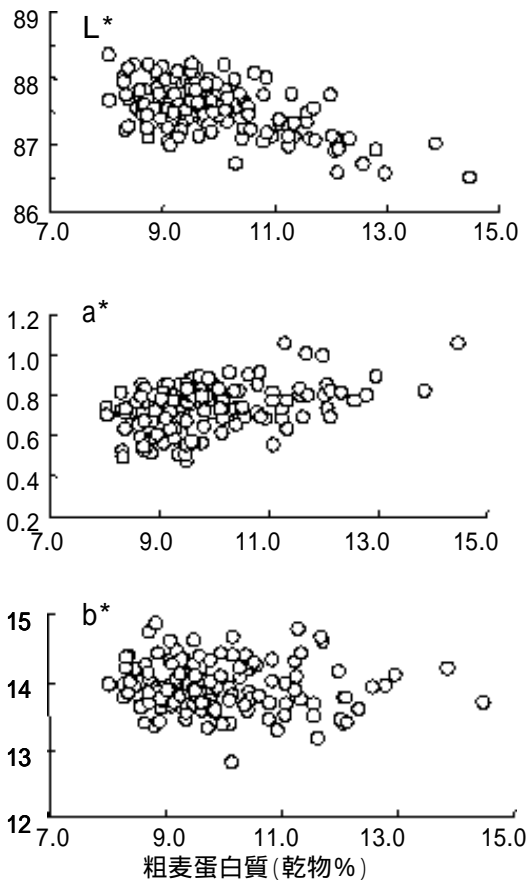


図4 ペースト色 (L*, a*, b*値) とタンパク質含有率の関係(2002)

4 コムギ粉のペースト色

コムギ粉ペーストのL*、a*、b*値は、全体にタンパク質含量が高めであった2001年は、無肥料に比べると施肥により若干色が悪くなる傾向がみられたが、2002年度は明確な差は無かった(表7)。一方、現地試験を含めた2002年産コムギ139点のコムギ粉ペースト色を調べたところ(図4)、明るさの指標であるL*値はタンパク質含量の増加にともなって低下する傾向が認められ、くすみを表すa*値はタンパク質含量の増加にともなって上昇する傾向が認められた。一方、黄みを表すb*値にはタンパク質含量増加の影響は認められなかった。

5 現地ほ場での実証試験

配合肥料を用いた実証水田での試験結果を表8に示した。2002年については慣行施肥に比べ収量が僅かに劣ったが、2000及び2001年は、慣行施肥以上の収量が得られ、精麦タンパク質含量も平均値で0.5%程度高まった。さらに、施肥効率についても全量基肥栽培は慣行施肥と同等以上の窒素吸収量を示し、追肥の省略による悪影響は認められなかった。

考 察

コムギの全量基肥栽培では、栽培期間中の温度が低いこと、畑条件下であること、収穫時の肥料残存が少ないことを前提に考えた場合、低温期でも持続的に窒素を溶出するには溶出期間の短い肥料が適している¹⁰⁾。愛知県では、既に短期溶出型リニアタイプ被覆尿素(LP40)と速効性窒素を配合した肥料によるコムギの全量基肥栽培が一部地域で用いられるようになった。しかし、同肥

表7 施肥法がコムギ粉のペースト色に及ぼす影響

試験年次	処理区	L*	a*	b*
2001	全量基肥	84.7 (99)	1.1 (122)	13.5 (94)
	対照(分施)	85.6 (100)	0.9 (100)	14.4 (100)
	無肥料	85.6 (100)	0.8 (89)	13.6 (94)
2002	全量基肥	87.1 (99)	0.7 (100)	13.9 (100)
	対照(分施)	87.7 (100)	0.7 (100)	13.9 (100)
	無肥料	87.4 (100)	0.7 (100)	13.9 (100)

注) ()内は対照区を100とした比率

表8 現地実証試験の結果

年度	処理区	点数	施肥量	精麦収量 ¹⁾	窒素吸収量	千粒重 ¹⁾	精麦 タンパク質 ²⁾	整粒 歩合	精麦 硝子率 ³⁾	未熟粒 硝子率 ⁴⁾
2000	全量基肥	7	10.5	506 (102)	14.2 (123)	38.6 (103)	9.6 (106)	94.1	28.9	4.1
	慣行	7	10.9	497 (100)	11.5 (100)	37.3 (100)	9.1 (100)	84.1	17.4	6.2
2001	全量基肥	11	11.0	497 (107)	9.6 (114)	39.1 (101)	9.8 (106)	96.0	20.7	0.9
	慣行	11	10.7	464 (100)	8.4 (100)	38.9 (100)	9.2 (100)	96.4	15.3	1.8
2002	全量基肥	13	10.5	512 (97)	10.5 (82)	38.1 (100)	10.2 (101)	92.6	17.1	3.7
	慣行	13	10.7	527 (100)	12.9 (100)	37.9 (100)	10.1 (100)	95.0	19.6	2.8

注 1)収量、千粒重は12.5%水分 2)精麦タンパク質含量は13.5%水分・変換係数5.70を使用。

3)精麦硝子率は(硝子質×1+中間質×0.5)/全粒数×100

4)未熟粒硝子率は(硝子質未熟粒×1+中間質未熟粒×0.5)/全粒数×100

料を用いた全量基肥栽培では、生育後期に肥料からの窒素供給量が少ないため、タンパク質含量の向上が見込めず、実需から要求される高品質コムギ生産にはやや問題がある。

実需要求に従い、コムギのタンパク質含量を向上させるためには、出穂期の施肥が効果的である¹⁻⁹⁾。飯田らの報告によれば、出穂期前の追肥では、精麦タンパク質含量の増加量は追肥窒素1kgあたり0.1~0.2%と低いが、出穂7日後の追肥ではその増加量が約0.5%となっている¹⁾。高山らも出穂10日後追肥によりタンパク質の増加量が0.4~0.5%となったと報告している⁵⁾。本県においても同様に、出穂期以降の実肥によりタンパク質含量向上を図る試みが現地で実証されるようになったが、この時期の追肥は作業性が問題になる。

そこで、本試験では、子実中のタンパク質含量の高位安定化を図りながら省力的に収量を確保する方法として、実肥時期の溶出が期待できるシグモイド型30日タイプ被覆尿素を配合することで、子実中のタンパク質含量を慣行の分施体系以上に高めることを目指した。

今回、初期生育確保と茎数の維持を目的として溶出期間の短いリニア型被覆尿素(LP30)を用い、当初の予測通り低温期でも順調に窒素供給を行うことを確認した。

また、本肥料のみでは、生育後期の肥効が不足するため、シグモイド型被覆尿素(UT30)を利用した結果、低温期にはほとんど溶出せず、出穂期以降の実肥肥効を確保でき、この配合肥料で低温下でもコムギの生育相に合致する肥効を得ることが可能であると考えた。

本県コムギ作の播種適期である11月中下旬播種について、全量基肥栽培は慣行分施栽培と同等以上の生育量が確保され、収量性にも問題は認められなかった。また、改善目的とした精麦タンパク質含有率も、分施区に比較して、0.2~0.6%程度上昇し、県自主基準の9.5~10.5%に収まった。全量基肥区の麦粒窒素含有率の高さから判断するとUT30から実肥的に供給された窒素成分は麦粒内に効率的に吸収されていると推測され、開花後に吸収される窒素の多くが子実へ転流されるとした報告^{2,8)}に一致した。以上の結果から、本技術により、省力性と慣行分施に匹敵する収量を確保するとともに、効率的に子実タンパク質含量を向上させることが可能と判断した。

精麦タンパク質含量が10%を上回ると硝子率は急激に上昇する傾向が認められたが、この場合の硝子粒の多くは、登熟不良で充実度が悪い、いわゆる「開溝未熟粒」ではない。また、過度のタンパク質含量上昇は、コムギ粉の色相を悪化させる危険性があるが^{1,3,5)}、本試験のペースト色調査の結果からみれば、県自主基準であるタンパク質9.5~10.5%の範囲内に収めると粉色を極度に低下させることはないと考ええる。

本試験で用いた配合は、現地要望によりコムギ用全量基肥肥料「麦ワンタッチ024(窒素：りん酸：加里=20:12:14)」として2002年より銘柄化された。速効性肥料を用いた分施体系に比較して肥料コストは高くなるが、大規模営農に対応した省力性の確保を前提とした上で、県産コムギのタンパク質含量を適正化し、実需者の要求

する高品質コムギを安定的に生産する目的には合致すると考える。

現地ほ場では10cm程度の耕深で全層施肥することが多い。多雨年(2003年)には、収量がやや低下しタンパク質含量の向上も認められない事例が見受けられたが、このことは、湿害が発生すると根域が制限されるため、肥料の窒素成分が適期供給がなされても、吸収が不良になったことによると推察した。同一年でも、5cm程度の浅耕で全層施肥を行ったほ場では、生育は良好かつタンパク質含量向上も認められたことから判断すると、コムギの全量基肥栽培に見合った耕深については検討の余地がある。全量基肥施用技術は省力性を重視した技術ではあるが、施肥後、放任できる万能の技術ではない。排水対策など基本技術の併用によって効果を発揮することが可能となり、民間流通に対応した「多収・高品質コムギ生産技術」になりうると考える。

謝辞：本試験は、農業改良普及センター並びに担当農家、JAのご協力のもとに実施できたことを記し、関係各位に感謝の意を表する。

引用文献

1. 飯田幸彦, 三田村剛, 石原直敏. コムギ粉色に及ぼす土壌・栽培条件の影響. 第1報. 子実のタンパク質含量と粉色との関係について. 日作紀. 60(別1)38-39(1991)
2. 木村秀也, 志村もと子, 山内稔. 出穂後施用窒素がコムギの子実タンパク質に及ぼす影響. 土肥誌72(3)403-408(2001)
3. 小綿美環子, 渡辺 満, 佐藤暁子. 東北地域で栽培されたコムギにおける粗タンパク質含量と粉色の関係. - 東北6県における連絡試験のデータの解析から - 東北農試研究資料. 19, 41-45(1996)
4. 佐藤暁子, 小柳敦史, 末永一博, 渡辺修, 川口敷美, 江口久夫. コムギ品質におよぼす土壌と窒素, リン酸施肥の影響. 日作紀. 61(4), 616-622(1992)
5. 高山敏之, 長嶺 敬, 石川直幸, 田谷省三. コムギにおける出穂10日後追肥の効果. 日作紀. 73(2)157-162(2004)
6. 谷口義則, 藤田雅也, 佐々木昭博, 氏原和人, 大西昌子. 九州地域におけるコムギの粗タンパク質含有率に及ぼす穂孕み期追肥の効果. 日作紀. 68(1)48-53(1999)
7. 八田浩一, 伊藤誠治, 星野次王. 後期追肥による「コユキコムギ」の粗タンパク質含量の増加. 東北農試研究資料. 19, 37-39(1996)
8. Cassman, K.G., D. Bryant, A.E. Fulton, and L.F. Jackson. Nitrogen supply effect on partitioning of dry matter and nitrogen to grain of irrigated wheat. Crop Sci. 32, 1251-1258(1992)
9. 中條博良, 藤田明彦, 三本弘乘. コムギにおける分けつ消長と乾物重および窒素吸収. 日作紀. 59(2)245-252(1990)
10. 日置雅之, 今井克彦, 池田彰弘, 久野智香子, 岩田久史. 肥効調節型肥料を用いた小麦の全量基肥施肥法. 愛知農総試研報27, 69-76(1995).