

千葉県の転換畑における追肥窒素の施用方法が小麦品種「さとのそら」の収量、 外観品質、子実タンパク質含有率に及ぼす影響

望月 篤・宇賀神七夕子・鶴岡康夫

キーワード：小麦, さとのそら, 追肥

II 材料及び方法

I 緒 言

千葉県の小麦栽培では、「農林61号」が1953年の奨励品種採用以来50年以上栽培されてきた。しかし、「農林61号」は、倒伏しやすい、コムギ縞萎縮病に弱い等の欠点を有している。このため、千葉県では、耐倒伏性及びコムギ縞萎縮病抵抗性に優れる群馬県育成の「さとのそら」（農林水産省, 2015）を2011年に奨励品種として採用した。

「さとのそら」の収量性については、すでにくつつかの知見があり、穂数が子実重に大きく寄与していることが報告されている（大澤ら, 2010; 大澤ら, 2012）。しかし、これらは北関東において、排水性の良い乾田や黒ボク畑で行われた研究であり、北関東に比べて温暖で、湿田～半湿田の水田転換畑で主に小麦栽培を行っている千葉県において、安定した収量及び品質を確保するための栽培技術は明らかになっていない。

また、現在の小麦栽培は、経営所得安定対策において交付金額を決定する要素である等級（外観品質等）を高めることが求められている。さらに、同じく交付金額を決定する要素で、品質ランク区分の評価項目の一つである子実タンパク質含有率（以下、子実タンパク）を、「さとのそら」の主な用途目的である日本めんの基準値の9.7～11.3%に収めることが実需より求められている。しかし、収量、外観品質及び子実タンパクを併せて検討した知見は少ない。一方、「さとのそら」以外の小麦品種では、生殖生長期間中の窒素吸収が、収量や子実タンパクに対して影響を及ぼすことが多く報告されている（深山ら, 1989; 建部ら, 2006; 島崎ら, 2014）。そこで、本研究では、千葉県の水田転換畑において、追肥窒素の施用方法の違いが、収量、外観品質及び子実タンパクに及ぼす影響について調査し、千葉県の転換畑における「さとのそら」栽培の最適な窒素追肥方法について検討を行ったので報告する。

試験は、千葉県農林総合研究センター生産技術部水田作研究室（現、同センター水稲・畑地園芸研究所水稲温暖化対策研究室、千葉市）の水田転換畑（細粒質斑鉄型グライ低地土）で、2012年から2013年（以下、2012/2013年）と2013年から2014年（以下、2013/2014年）に行った。播種は、2012年11月15日及び2013年11月11日に行い、2か年とも播種量0.8kg/a、条間30cmとした。基肥は、2か年とも窒素0.8kg/a、りん酸1.0kg/a、加里1.0kg/aを播種前に全面全層施肥した。

1. 追肥窒素の施用時期が、生育、収量、外観品質、子実タンパクに及ぼす影響

「さとのそら」以外の品種ではあるが、倉井ら（1998）は茎立期頃の窒素追肥は増収効果があるとしている。さらに、田谷（2001）は開花期前後の窒素追肥が子実タンパクを高めたとしている。これらを参考として、本試験の追肥窒素施用時期は、幼穂形成期頃～出穂期に設置した。2012/2013年は出穂期前47日、同38日、同28日、同18日及び出穂期に、2013/2014年は出穂期前51日、同40日、同28日、同18日、同9日、出穂期後1日に追肥を行った。また、「さとのそら」は、千葉県でこれまで主に栽培されてきた「農林61号」に比べて耐倒伏性が強いことから、追肥窒素の施用量は転換畑における「農林61号」の標準施用量の倍に当たる0.4kg/aを塩安で追肥した。また、併せて追肥を施用しなかった区（以下、無追肥区）を設けた。試験区は、各区12 m²の3反復乱塊法で配置した。

生育調査は、各区1m×1条で行い、草丈、茎数、穂数、葉色を計測した。草丈は、1mの調査地点を更に10cm間隔に等分し、各10cm内の最高茎10本を平均した。また、葉色は草丈を調査した最高茎10本の完全展開第2葉中央部の葉色値を平均した。

収量調査は、各区1m×4条で行い、「小麦調査基準 第1版」（農業研究センター, 1986）に準じて、子実重、容積重、千粒重を計測した。ただし、子実重は「小麦調査基準 第1版」に準じて行う唐箕選に加え、千葉県の標準である篩目2.2mmによる選別を実施した。また、子実重、容積重、千粒重は、水分含有率12.5%で換算した。m²当たり粒数は、

m²当たり子実重を一粒重(千粒重/1000)で除して求めた。子実の外観品質は、1(上上)~9(下下)の9段階評価を、さらに、0.5ランクごとに分けて17段階評価とした。また、小麦子実の検査等級の基準品を参考として、ランク3は1等、5は2等、7は規格外に相当するように評価した。各処理区内の反復間で外観品質に差がでた場合は、便宜上、平均値を処理区の値とした。

子実タンパクは全窒素・炭素分析機(株)住化分析センター製スミグラフNC-900)を用いて測定し、水分13.5%で換算した。なお、子実窒素含有率から子実タンパクへ換算する際に用いるタンパク係数は5.7を用いた。

また、成熟期における小麦のバイオマスと生育期間中の窒素吸収量を確認するため、成熟期の地上部乾物重、地上部窒素含有量及び子実1粒当たり地上部窒素含有量を調査した。地上部乾物重は各区0.3 m²を調査し、aあたりに換算して示した。地上部窒素含有量は、地上部乾物重調査株の窒素含有率を全窒素・炭素分析機を用いて測定し、地上部乾物重に乗じて算出し、m²当たりで示した。子実1粒当たり地上部窒素含有量は、m²当たり地上部窒素含有量をm²当たり粒数で除して算出した。

2. 幼穂形成期~茎立期における追肥窒素の施用量が生育、収量、外観品質、子実タンパクに及ぼす影響

「さとのそら」は、千葉県でこれまで主に栽培されてきた「農林61号」に比べて耐倒伏性が強い。そこで、追肥窒素の施用量を変え、「農林61号」の追肥窒素の標準施用量である0.2kg/a区(以下N2区)、その倍に当たる0.4kg/a区(以下N4区)、その3倍に当たる0.6kg/a区(以下、N6区)を設けた。施用時期は、「さとのそら」以外の品種で増収が認められている茎立期頃(倉井ら、1998)とし、2012/2013年は出穂期前38日に、2013/2014年は出穂期前40日に塩安を用いて追肥した。試験区は、各区12 m²の3反復乱塊法で配置した。

生育、収量、外観品質及び子実タンパク質含有率調査は、1. 追肥窒素の施用時期が、生育、収量、外観品質、子実タンパクに及ぼす影響の試験と同様に行った。

3. 幼穂形成期~茎立期及び、出穂期の2回の追肥が、生育、収量、外観品質、子実タンパクに及ぼす影響

前述の「さとのそら」以外の品種で増収効果が認められた茎立期頃(倉井ら、1998)及び、子実タンパク向上効果が認められた開花期頃(田谷、2001)の知見をもとに、幼穂形成期~茎立期及び、出穂期に追肥を施用し、2回の追肥が「さとのそら」の生育、収量、外観品質及び子実タンパクに及ぼす影響を検討した。本試験は2013/2014年に行い、追肥窒素の施用量を、出穂期前40日及び出穂期後1日に窒素施用量で各0.4kg/a、計0.8kg/aを施用した区(以下、N4-4区)を設け、出穂期前40日にのみ0.4kg/aを施用した区(以下、

N4-0区)及び出穂期後1日にのみ0.4kg/aを施用した区(以下、N0-4区)と比較した。試験区は、各区12 m²の3反復乱塊法で配置した。

生育、収量、外観品質及び子実タンパクの調査は、1. 追肥窒素の施用時期が、生育、収量、外観品質、子実タンパクに及ぼす影響の試験と同様に行った。

III 結 果

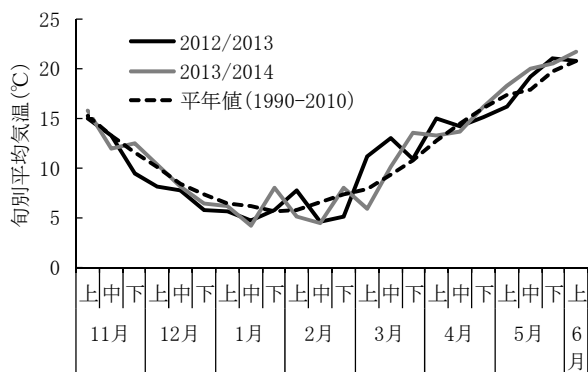
1. 試験期間の気象概況

1990~2010年の平均値(以後、平年値)と比較して、2012/2013年は、12月の平均気温が1.8℃低く、3月が2.3℃高かった(第1図)。また、登熟期間にあたる4月、5月の平均気温は、それぞれ平年値より0.4℃、0.5℃高かった。積算降水量は11月、12月、4月がそれぞれ平年値の168%、159%、129%と多く、3月、5月がそれぞれ平年値の33%、61%と少なかった(第2図)。日照時間は、4月、5月がそれぞれ平年値の110%、137%と長かった(第3図)。千葉県の作況指数(当年の収量/直近7か年の内、収量が最高であった年と最低であった年を除いた5か年の収量の平均値)×100)は122であった。

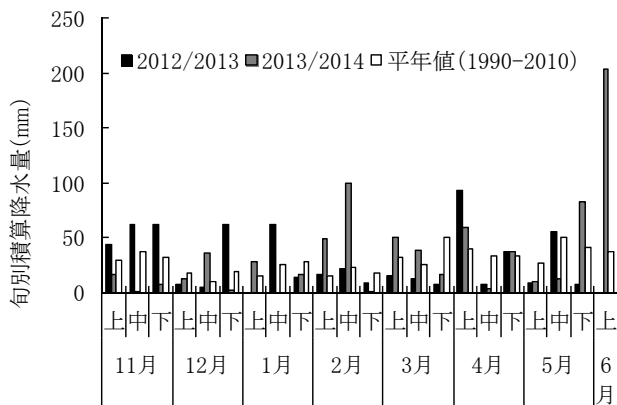
2013/2014年は、4月の平均気温が平年値より0.1℃低く、5月、6月の平均気温がそれぞれ1.2℃、1.1℃高かった。積算降水量は2月と6月がそれぞれ平年値の266%、219%と多く、11月は25%と少なかった(第2図)。また、登熟期間にあたる4月、5月の積算降水量はそれぞれ平年値の94%、87%であり、やや少なかった。日照時間は、4月、5月がそれぞれ平年値の122%、144%と長く、2月が70%と短かった(第3図)。千葉県の作況指数は151であった。千葉県では当年に「農林61号」から「さとのそら」へ奨励品種の切り替えを行ったため、作況指数増加の主要因が品種の切り替えによるものか、良好な気象条件によるものか判別できないが、千葉県を除く関東近県においても、作況指数は113であった。

2. 「さとのそら」の生育ステージと、追肥施用時期との関係

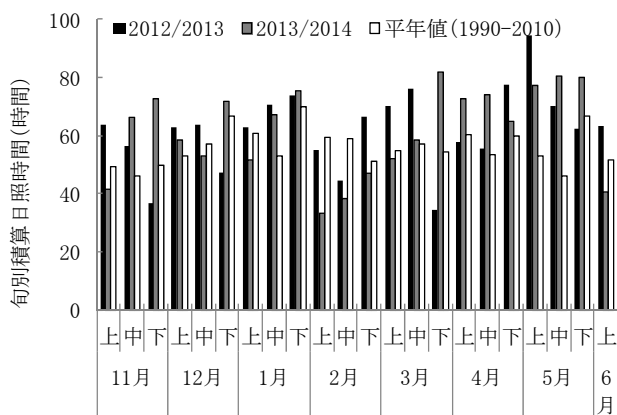
2012/2013年では、出芽日が11月27日、幼穂形成期が3月3日、茎立期が3月12日、出穂期が4月12日であり、2013/2014年では出芽日が11月24日、幼穂形成期が3月2日、茎立期が3月14日、出穂期が4月17日であった。このため、2012/2013年の出穂前38日(3月5日)は幼穂形成期後2日、出穂前28日(3月15日)は茎立期後3日であった。2013/2014年の出穂前40日(3月8日)は幼穂形成期後6日、茎立期前6日で、幼穂形成期と茎立期の中間の時期であった。2013/2014年の出穂前28日(3月20日)は茎立期後6日であった(第4図)。



第1図 試験期間中の旬別平均気温の推移



第2図 試験期間中の旬別積算降水量の推移

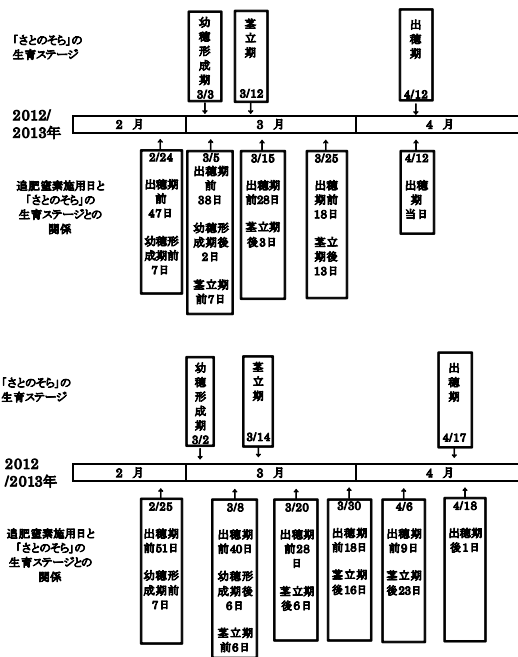


第3図 試験期間中の旬別積算日照時間の推移

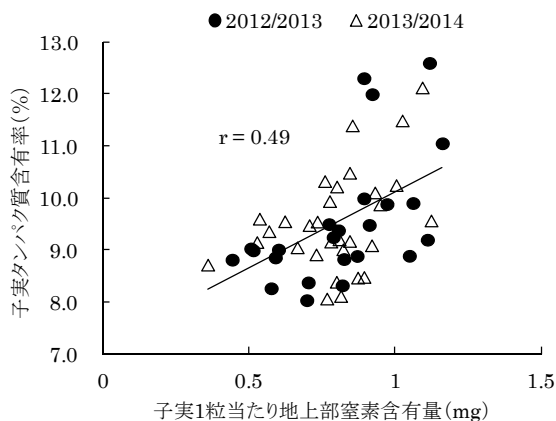
3. 追肥窒素の施用時期が、生育、収量、外観品質、子実タンパクに及ぼす影響

2012/2013年の出穂期前38日（幼穂形成期後2日）及び同28日（茎立期後3日）、2013/2014年の出穂期前40日（幼穂形成期後6日、茎立期前7日）及び同28日（茎立期後6日）の追肥では、穂数及びm²当たり粒数が増加し、子実重は、2012/2013年は43.8～44.7kg/a、2013/2014年は47.9～48.0kg/aであった（第1表）。また、追肥の施用時期が遅くなるほど、成熟期が遅れる傾向が認められた（第1表）。

外観品質のランクが4.0以上であった施用時期は、2012/2013年の出穂期前28日、同18日（茎立期後13日）及び出



第4図 追肥窒素施用日と生育ステージとの関係



第5図 子実1粒当たり地上部窒素含有量と子実タンパク質含有率との関係

穂期、2013/2014年の出穂期前9日（茎立期後23日）、出穂期後1日であり、年次に関わらず出穂期頃の追肥は外観品質を低下させることが明らかとなった（第2表）。また、茎立期からやや遅い時期の追肥が与える概観品質の影響については、年次間差が認められた。

子実タンパクにおいて、品質ランク区分における基準値内に収まった追肥時期とその子実タンパクは、2012/2013年では、出穂期前28日の10.1%、出穂期の12.3%、2013/2014年では、出穂期前28日の9.7%、同18日の9.5%、同9日の10.9%、出穂期後1日の追肥の11.2%であり、追肥を施用しない場合と比べ、出穂期頃の追肥で子実タンパクが高まった（第2表）。また、子実1粒当たりの地上部窒素含有量と子実タンパクとの間には有意な正の単相関（ $r=0.49, p<0.01$ ）が認められた（第5図）。

第1表 追肥の施用時期が生育、収量に及ぼす影響

| 試験年 | 試験区名 | 追肥時期 | | | 稈長 (cm) | 穂長 (cm) | 穂数 (本/m ²) | m ² あたり 粒数 (千粒) | 千粒重 (g) | 子実重 (kg/a) | 成熟期 (月/日) | 倒伏 程度 |
|---------------|---------|--------------|--------------|------------|------------------|------------|---------------------------|----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------|----------|
| | | 追肥日 (月/日) | 幼穂形成 期後日数 | 茎立期 後日数 | | | | | | | | |
| 2012 /2013 | 出穂期前47日 | 2/24 | -7 | -16 | 77 ^a | 9.2 | 356 ^{ab} | 10.9 ^a | 36.1 ^b | 39.2 ^{ab} | 6/3 | 0.3 |
| | 出穂期前38日 | 3/5 | +2 | -7 | 75 ^{ab} | 8.4 | 386 ^a | 11.3 ^a | 38.6 ^b | 43.8 ^a | 6/5 | 0.0 |
| | 出穂期前28日 | 3/15 | +12 | +3 | 75 ^{ab} | 9.3 | 410 ^a | 12.2 ^a | 37.2 ^b | 44.7 ^a | 6/5 | 0.0 |
| | 出穂期前18日 | 3/25 | +22 | +13 | 74 ^{ab} | 9.7 | 360 ^{ab} | 10.4 ^a | 38.5 ^b | 40.0 ^{ab} | 6/7 | 0.0 |
| | 出穂期 | 4/12 | +40 | +31 | 74 ^{ab} | 8.8 | 312 ^b | 8.3 ^b | 42.6 ^a | 35.4 ^{ab} | 6/7 | 0.0 |
| | 無追肥 | - | - | - | 68 ^b | 8.5 | 283 ^b | 8.4 ^b | 38.5 ^b | 32.4 ^b | 6/2 | 0.0 |
| 2013 /2014 | 出穂期前51日 | 2/25 | -5 | -17 | 79 ^a | 9.0 | 447 ^{ab} | 12.3 ^{ab} | 37.0 ^b | 45.3 ^a | 6/2 | 1.0 |
| | 出穂期前40日 | 3/8 | +6 | -6 | 78 ^a | 8.9 | 490 ^a | 13.1 ^a | 36.5 ^c | 48.0 ^a | 6/3 | 0.5 |
| | 出穂期前28日 | 3/20 | +18 | +6 | 76 ^{ab} | 8.5 | 474 ^a | 12.5 ^a | 38.3 ^{ab} | 47.9 ^a | 6/3 | 0.0 |
| | 出穂期前18日 | 3/30 | +28 | +16 | 74 ^{ab} | 8.5 | 421 ^{ab} | 12.2 ^{ab} | 38.2 ^{ab} | 46.6 ^a | 6/3 | 0.0 |
| | 出穂期前9日 | 4/8 | +37 | +25 | 75 ^{ab} | 8.4 | 383 ^b | 10.5 ^{bc} | 39.1 ^a | 41.2 ^{ab} | 6/5 | 0.0 |
| | 出穂期後1日 | 4/18 | +47 | +35 | 72 ^{ab} | 8.6 | 336 ^b | 9.9 ^c | 39.6 ^a | 39.0 ^b | 6/5 | 0.0 |
| | 無追肥 | - | - | - | 69 ^b | 8.6 | 356 ^b | 10.4 ^{bc} | 35.2 ^d | 28.5 ^b | 5/30 | 0.0 |

- 注1) 播種日は2012年11月15日及び2013年11月11日、いずれの試験年においても、基肥-追肥窒素施用量は0.8-0.4kg/a
 2) 生育ステージは、幼穂形成期が2013年3月3日及び2014年3月2日、茎立期が2013年3月12日及び2014年3月14日
 3) 異なるアルファベット間には各試験年次において危険率5%で有意な差があることを示し、アルファベット表記のない項目は有意な差がなかったことを示す(倒伏程度は、Mann-Whitney のU検定、その他はTukey法)
 4) 子実重、千粒重は水分12.5%の現物換算
 5) 倒伏程度は0(無)~5(甚)内を、0.5ランクごとに分けて評価した

第2表 追肥の施用時期が、地上部乾物重、窒素含有量、容積重、外観品質及び子実タンパク質含有率に及ぼす影響

| 試験年 | 試験区名 | 追肥時期 | | | 地上部 乾物重 (kg/a) | 地上部窒 素含有量 (g/m ²) | 子実1粒当たり 地上部窒素含 有量(mg) | 容積重 (g/L) | 外観 品質 | 子実タンパ ク含有率 (%) |
|---------------|---------|--------------|--------------|------------|----------------------|-------------------------------------|-----------------------------|--------------|----------|----------------------|
| | | 追肥日 (月/日) | 幼穂形成 期後日数 | 茎立期 後日数 | | | | | | |
| 2012 /2013 | 出穂期前47日 | 2/24 | -7 | -16 | 65.7 ^{ab} | 8.2 ^{ab} | 0.76 ^{ab} | 721 | 3.0 | 8.2 ^b |
| | 出穂期前38日 | 3/5 | +2 | -7 | 74.6 ^a | 8.9 ^{ab} | 0.79 ^{ab} | 709 | 3.5 | 8.5 ^b |
| | 出穂期前28日 | 3/15 | +12 | +3 | 79.4 ^a | 10.2 ^a | 0.84 ^{ab} | 726 | 4.5 | 10.1 ^{ab} |
| | 出穂期前18日 | 3/25 | +22 | +13 | 76.8 ^a | 8.5 ^{ab} | 0.82 ^{ab} | 706 | 4.0 | 9.0 ^b |
| | 出穂期 | 4/12 | +40 | +31 | 52.5 ^{bc} | 7.5 ^{ab} | 0.90 ^a | 728 | 6.0 | 12.3 ^a |
| | 無追肥 | - | - | - | 49.5 ^c | 6.1 ^b | 0.73 ^b | 721 | 3.5 | 8.8 ^b |
| 2013 /2014 | 出穂期前51日 | 2/25 | -5 | -17 | 68.7 | 8.6 | 0.70 | 766 | 3.0 | 9.2 ^{bc} |
| | 出穂期前40日 | 3/8 | +6 | -6 | 81.7 | 10.6 | 0.81 | 759 | 3.0 | 8.8 ^c |
| | 出穂期前28日 | 3/20 | +18 | +6 | 74.8 | 10.4 | 0.83 | 763 | 3.7 | 9.7 ^b |
| | 出穂期前18日 | 3/30 | +28 | +16 | 66.4 | 8.8 | 0.72 | 771 | 3.3 | 9.5 ^b |
| | 出穂期前9日 | 4/8 | +37 | +25 | 56.1 | 9.2 | 0.88 | 772 | 4.0 | 10.9 ^{ab} |
| | 出穂期後1日 | 4/18 | +47 | +35 | 50.8 | 8.6 | 0.87 | 769 | 4.3 | 11.2 ^a |
| | 無追肥 | - | - | - | 51.0 | 6.6 | 0.63 | 746 | 3.0 | 9.2 ^{bc} |

- 注1) 播種日は2012年11月15日及び2013年11月11日、いずれの試験年においても、基肥-追肥窒素施用量は0.8-0.4kg/a
 2) 生育ステージは、幼穂形成期が2013年3月3日及び2014年3月2日、茎立期が2013年3月12日及び2014年3月14日
 3) 異なるアルファベット間には各試験年次において危険率5%で有意な差があることを示し、アルファベット表記のない項目は有意な差がなかったことを示す(外観品質は、Mann-Whitney のU検定、その他はTukey法)
 4) 容積重は水分12.5%、子実タンパクは水分13.5%の現物換算
 5) 外観品質は1(上上)~9(下下)内を、0.5ランクごとに17段階に分けて評価し、各処理区内の反復間で外観品質に差がでた場合は、平均値を処理区の値とした

また、本試験では、子実タンパクが品質ランク区分の基準値 9.7~11.3%内に収まった試験区の外観品質(便宜上の平均値が 4.27)が、9.7%未満であった試験区の外観品質(便宜上の平均値が 3.42)より有意(p<0.01)に劣った(Mann-Whitney の U 検定)。

4. 幼穂形成期~茎立期の追肥窒素の施用量が、生育、収量、外観品質、子実タンパクに及ぼす影響

2012/2013 年の出穂期前 38 日(幼穂形成期後 2 日)若しくは、2013/2014 年の出穂期前 40 日(幼穂形成期と茎立期

の中間の時期)の追肥は、窒素の施用量が多くなるほど、穂数及び m² 当たり粒数が多くなり、子実重が増加する傾向が認められた(第3表)。

また、外観品質は、追肥窒素の施用量が多くなるほど低下したが、N6区では外観品質のランクで4.7~5.5と低かったのに対して、N2区及びN4区では、3.0~3.5と高く、検査等級で1等に相当すると考えられた。

一方、子実タンパクは、追肥窒素の施用量が多いほど高くなったが、N2区及びN4区では、品質ランク区分における基

第3表 幼穂形成期～茎立期の追肥の施用量が生育及び収量に及ぼす影響

| 試験年 | 試験区名 | 追肥窒素量 (kg/a) | 稈長 (cm) | 穂長 (cm) | 穂数 (本/m ²) | m ² あたり粒数 (千粒) | 子実重 (kg/a) | 千粒重 (g) | 葉色 (SPAD値) | | | 成熟期 (月/日) | 倒伏程度 |
|-----------|------|--------------|---------|---------|------------------------|---------------------------|--------------------|---------|------------|---------|---------|-----------|------|
| | | | | | | | | | 出穂期前4日 | 出穂期後10日 | 出穂期後22日 | | |
| 2012/2013 | N2 | 0.2 | 70 | 9.1 | 323 | 10.7 | 41.9 ^b | 39.2 | 41.2 | 40.3 | 28.0 | 6/4 | 0.0 |
| | N4 | 0.4 | 75 | 8.4 | 346 | 11.4 | 43.8 ^{ab} | 38.4 | 42.6 | 41.6 | 33.0 | 6/5 | 0.0 |
| | N6 | 0.6 | 76 | 8.9 | 397 | 12.2 | 47.2 ^{ab} | 38.8 | 44.5 | 43.8 | 36.0 | 6/9 | 0.5 |
| 2013/2014 | N2 | 0.2 | 75 | 8.8 | 394 | 10.6 | 38.4 ^b | 36.1 | 34.6 | 30.9 | 22.7 | 6/1 | 0.0 |
| | N4 | 0.4 | 78 | 8.9 | 490 | 11.5 | 42.0 ^b | 36.5 | 37.1 | 36.3 | 27.0 | 6/3 | 0.0 |
| | N6 | 0.6 | 82 | 8.5 | 566 | 14.1 | 52.5 ^a | 37.2 | 38.5 | 40.7 | 33.0 | 6/7 | 0.0 |

- 注1) 播種日は2012年11月15日及び2013年11月11日、いずれの試験年においても、基肥窒素施用量は0.8kg/a、追肥日は2013年3月5日及び2014年3月8日
- 2) 生育ステージは、幼穂形成期が2013年3月3日及び2014年3月2日、茎立期が2013年3月12日及び2014年3月14日
- 3) 異なるアルファベット間は各試験年次において危険率5%で有意な差があることを示し、アルファベット表記のない項目は有意な差がなかったことを示す(倒伏程度は、Mann-WhitneyのU検定、その他はTukey法)
- 4) 子実重、千粒重は水分12.5%の現物換算
- 5) 倒伏程度は0(無)～5(甚)内を、0.5ランクごとに分けて評価した

第4表 幼穂形成期～茎立期の追肥の施用量が地上部乾物重、窒素含有量、容積重、外観品質及び子実タンパク質含有率に及ぼす影響

| 試験年 | 試験区名 | 追肥窒素量 (kg/a) | 地上部乾物重 (kg/a) | 地上部窒素含有量 (g/m ²) | 子実1粒当たり地上部窒素含有量 (mg) | 容積重 (g/L) | 外観品質 | 子実タンパク質含有率 (%) |
|-----------|------|--------------|--------------------|------------------------------|----------------------|-----------|------|-------------------|
| 2012/2013 | N2 | 0.2 | 67.8 | 8.0 ^b | 0.75 | 698 | 3.0 | 8.4 |
| | N4 | 0.4 | 74.6 | 8.9 ^{ab} | 0.79 | 709 | 3.5 | 8.5 |
| | N6 | 0.6 | 76.8 | 9.7 ^a | 0.80 | 723 | 5.5 | 9.1 |
| 2013/2014 | N2 | 0.2 | 70.4 ^b | 8.2 ^b | 0.58 ^b | 727 | 2.7 | 7.8 ^b |
| | N4 | 0.4 | 81.7 ^{ab} | 10.6 ^{ab} | 0.81 ^a | 759 | 3.0 | 8.8 ^{ab} |
| | N6 | 0.6 | 88.5 ^a | 12.2 ^a | 0.87 ^a | 759 | 4.7 | 10.8 ^a |

- 注1) 播種日は2012年11月15日及び2013年11月11日、いずれの試験年においても、基肥窒素施用量は0.8kg/a、追肥日は2013年3月5日及び2014年3月8日
- 2) 生育ステージは、幼穂形成期が2013年3月3日及び2014年3月2日、茎立期が2013年3月12日及び2014年3月14日
- 3) 異なるアルファベット間は各試験年次において危険率5%で有意な差があることを示し、アルファベット表記のない項目は有意な差がなかったことを示す(外観品質は、Mann-WhitneyのU検定、その他はTukey法)
- 4) 容積重は水分12.5%、子実タンパク質含有率は水分13.5%の現物換算
- 5) 外観品質は1(上上)～9(下下)内を、0.5ランクごとに17段階に分けて評価し、各処理区内の反復間で外観品質に差がでた場合は、平均値を処理区の値とした

準値より少ない、7.8～8.8%にとどまった(第4表)。

また、追肥窒素の施用量が多いほど、出穂期以降の葉色値が大きく、成熟期が遅くなる傾向が認められた(第3表)。

5. 幼穂形成期～茎立期及び、出穂期の2回の追肥が、生育、収量、外観品質、子実タンパクに及ぼす影響

2013/2014年の出穂期前40日(幼穂形成期と茎立期の中間の時期)と出穂後1日に追肥を行ったN4-4区は、N4-0区と比べて千粒重が大きく、子実重が多かった(第5表)。また、N4-4区は、N0-4区に比べて、穂数、m²当たり粒数、子実重が多かった。

外観品質は、N4-4区はランクが3.3であり、N4-0区の3.0とともに、検査等級で1等に相当すると考えられたが、N0-

4区はランクが4.3でやや劣る傾向が認められた(第6表)。

また、子実タンパクは、N4-4区が10.2%で、N4-0区より高く、N0-4区とともに、品質ランク区分における基準値内に収まった(第6表)。

このように、2013/2014年の単年度の成績ではあるが、幼穂形成期～茎立期頃及び、出穂期頃に2回、窒素施用量合計で0.8kg/aを追肥することで、幼穂形成期～茎立期、または、出穂後1日に1回窒素施用量0.4kg/aを追肥する場合に比べて増収し、外観品質は良好であり、かつ、子実タンパクが基準値内となった。

第5表 幼穂形成期～茎立期及び出穂期2回の追肥が、生育、収量に及ぼす影響 (2013/2014年)

| 試験 区名 | 追肥窒素量 (kg/a) | | 稈長 (cm) | 穂長 (cm) | 穂数 (本/m ²) | m ² あたり粒 数(千粒) | 子実重 (kg/a) | 千粒重 (g) | 葉色 (SPAD値) | | | 成熟期 (月/日) | 倒伏 程度 程度 |
|----------|-----------------|-----|------------|------------|---------------------------|------------------------------|-------------------|-------------------|------------|---------|---------|--------------|----------------|
| | 1回目 | 2回目 | | | | | | | 出穂期後1日 | 出穂期後15日 | 出穂期後27日 | | |
| N4-4 | 0.4 | 0.4 | 74 | 8.5 | 424 ^a | 12.7 ^a | 49.4 ^a | 39.0 ^a | 34.8 | 36.1 | 29.1 | 6/5 | 0.0 |
| N4-0 | 0.4 | 0 | 78 | 8.9 | 490 ^a | 13.1 ^a | 48.0 ^a | 36.5 ^b | 37.1 | 36.3 | 27.0 | 6/3 | 0.0 |
| N0-4 | 0 | 0.4 | 72 | 8.6 | 336 ^b | 9.9 ^b | 39.0 ^b | 39.6 ^a | 31.7 | 39.6 | 32.8 | 6/6 | 0.0 |

- 注1) 播種日は2013年11月11日, 基肥窒素施用量は0.8kg/a, 追肥日は1回目が2014年3月8日, 2回目が2014年4月18日
 2) 生育ステージは, 幼穂形成期が2014年3月2日, 茎立期が2014年3月14日, 出穂期が2014年4月17日
 3) 異なるアルファベット間には各試験年次において危険率5%で有意な差があることを示し, アルファベット表記のない項目は有意な差がなかったことを示す(倒伏程度は, Mann-Whitney のU検定,その他はTukey法)
 4) 子実重, 千粒重は水分12.5%の現物換算
 5) 倒伏程度は0(無)～5(甚)内を, 0.5ランクごとに分けて評価した

第6表 幼穂形成期～茎立期及び出穂期の2回の追肥が、地上部乾物重、地上部窒素含有量、容積重、外観品質及び子実タンパク質含有率 (2013/2014年)

| 試験 区名 | 追肥窒素量 (kg/a) | | 地上部 乾物重 (kg/a) | 地上部窒 素含有量 (g/m ²) | 子実1粒当たり地上 部窒素含有量 (mg) | 容積重 (g/L) | 外観 品質 | 子実タンパク 質含有率(%) |
|----------|-----------------|-----|----------------------|-------------------------------------|-----------------------------|--------------|----------|-------------------|
| | 1回目 | 2回目 | | | | | | |
| N4-4 | 0.4 | 0.4 | 85.2 ^a | 11.2 ^a | 0.89 | 783 | 3.3 | 10.2 ^a |
| N4-0 | 0.4 | 0 | 81.7 ^a | 10.6 ^a | 0.81 | 759 | 3.0 | 8.8 ^b |
| N0-4 | 0 | 0.4 | 50.8 ^b | 8.6 ^b | 0.87 | 769 | 4.3 | 11.2 ^a |

- 注1) 播種日は2013年11月11日, 基肥窒素施用量は0.8kg/a, 追肥日は1回目が2014年3月8日, 2回目が2014年4月18日
 2) 生育ステージは, 幼穂形成期が2014年3月2日, 茎立期が2014年3月14日, 出穂期が2014年4月17日
 3) 異なるアルファベット間には各試験年次において危険率5%で有意な差があることを示し, アルファベット表記のない項目は有意な差がなかったことを示す(外観品質は, Mann-Whitney のU検定,その他はTukey法)
 4) 容積重は水分12.5%,子実タンパク質含有率は水分13.5%の現物換算
 5) 外観品質は1(上上)～9(下下)内を, 0.5ランクごとに17段階に分けて評価し, 各処理区内の反復間で外観品質に差がでた場合は, 平均値を処理区の値とした

IV 考 察

「さとのそら」を用いた2012/2013年及び2013/2014年における2か年の窒素追肥時期の試験では、幼穂形成期～茎立期の追肥で子実収量は高まった。さらに、幼穂形成期若しくは幼穂形成期と茎立期の中間の時期の追肥では外観品質は高かったが、子実タンパクは低かった。一方、出穂期頃の追肥では子実収量及び外観品質は低かったが、子実タンパクは高かった。また、各試験区のm²当たり粒数、地上部窒素含有量及び子実タンパクとの関係から、子実1粒当たりの地上部窒素含有量が多いことが、子実タンパクを高める要因のひとつと考えられた。倉井ら(1998)は、「バンドウワセ」や「農林61号」を用いた試験で、茎立期頃の窒素追肥が穂数及び粒数を増加させ増収効果があるとしている。さらに、田谷(2001)の報告によると、「さとのそら」以外の品種を用いた試験で、開花期前後の窒素追肥が子実タンパクを高めたとしており、品種は異なるが本試験はこれらの知見と同様の傾向を示した。しかし、千葉県の水田転換畑で「さとのそら」を栽培した本試験の結果は、子実タンパク質を増加させる追肥方法が、逆に外観品質を低下させる危険性があることを示唆している。

小麦生産では、高い子実収量を得ること、検査等級1等であること、さらに、子実タンパクが高く品質ランク区分の基準値に収まることを併せて達成することが小麦の販売収入を高めるために重要である。

そこで、2013/2014年に、高い収量と外観品質が期待される幼穂形成期と茎立期の中間の時期の追肥に、子実タンパクの向上が期待される出穂期の追肥を加え、2回追肥(窒素追肥量は2倍)を試みた。その結果、単年度の結果ではあるが、2回追肥は、幼穂形成期と茎立期の中間の時期に1回追肥した場合と同等の高い収量と外観品質を維持するとともに、子実タンパクは基準値に収まるレベルの高タンパクとなった。田谷ら(1981)、岩淵ら(2011)は、登熟期間中の日照時間が長いほど、また、登熟期間中の降水量が少ないほど、千粒重が大きくなり、子実タンパクが低くなるとしている。2013/2014年は小麦の登熟期間が多日照であり、気象条件に恵まれたと考えられるため、さらなる試験が必要と考えられるが、「さとのそら」栽培においては窒素追肥量を増し、幼穂形成期から出穂期以降の登熟期間も窒素を効かせることにより、子実収量、外観品質及び子実タンパクの向上が期待できる。

しかし、2回の追肥と増しにより、1回の追肥と比べ栽培コストは増加する。また、子実タンパクを基準値内に収め

ても、その他の品質ランク区分の評価項目である灰分、容積重、フォーリングナンバーの値によっては、品質ランク区分が向上せず、収益増とならない場合がある。このため、2回の追肥と増施を行うかについては、期待される費用対効果を見極める必要があり、実際に生産現場で判断するのは難しいと考えられる。そこで、追肥回数を1回にした場合の追肥方法について、本試験の結果をもとに以下に考察した。

子実収量及び外観品質が高い反面、子実タンパクが低い幼穂形成期若しくは幼穂形成期と茎立期の間期の追肥について、子実タンパクを向上させる目的で窒素施用量を増施すると、子実タンパクは高まったが、成熟期の遅れ及び外観品質の低下が認められた。そこで、幼穂形成期若しくは幼穂形成期と茎立期の間期の時期から追肥時期を遅らせて、出穂期に近づけることで、子実収量及び外観品質の高さは維持しながら子実タンパクが高まる追肥時期として、出穂期28日前の追肥に注目した。出穂前28日は、2012/2013年の試験では茎立期後3日、2013/2014年では茎立期後6日であった。出穂期前28日の追肥は、子実収量を維持しながら子実タンパクを基準値内まで高める効果が認められた。外観品質は2013/2014年の試験では高かったが、2012/2013年では低下し、年次間差が見られた。2013/2014年は登熟期間の降水量が平年並みで、多日照で推移したことが外観品質向上の要因と考えられた。一方、2012/2013年も比較的多日照で推移したが、4月の降水量が平年より多かったことが外観品質の低下の一因と考えられた。

等級の格下げによる収益減と品質ランク区分の向上による収益増を比べると、条件によって変動があるものの、1等から2等に格下げとなった場合の収益減は、品質ランク区分の向上による収益増の4倍以上、2等から規格外となった場合は10倍以上となる。このため、今後の残された課題として、茎立期からやや遅い時期の最適窒素追肥量等を調査し、気象条件に恵まれない年次でも外観品質が向上する追肥方法を明らかにする必要があると考えられる。

また、2回の追肥と増施をした場合と同様に、高い収量、外観品質及び子実タンパクを得ながら、省力化を図ることを目的とした緩効性肥料の施用方法の解明も、今後の課題であると考えられる。

さらに、子実タンパクが基準値以下の子実より、基準値内に収まった子実の外観品質が低かったことは、千葉県の転換畑で栽培した「さとのそら」では、子実タンパクを増加させると、外観品質が低下する危険性が高くなることを示唆しており、今後、さらなる検証が必要である。

V 摘 要

千葉県の転換畑において追肥窒素の施用方法が小麦品種「さとのそら」の収量、外観品質、子実タンパク質含有率に及ぼす影響について検討した。その結果は以下のとおりである。

1. 幼穂形成期から茎立期頃に、窒素成分で0.4kg/aの追肥を施用すると、収量が有意に増加した。
2. 出穂期頃に、窒素成分で0.4kg/aの追肥を施用すると子実タンパク質含有率が有意に増加したが、外観品質は低かった。
3. 幼穂形成期から茎立期頃に追肥した場合、窒素施用量が0.2～0.6kg/aの間では、窒素施用量を多くするほど子実重及び子実タンパク質含有率が増加した。
4. 子実タンパク質含有率が高くなると、外観品質が低下し、等級が低下する関係にあることが示唆された。
5. 登熟期間の降雨が平年並みで、多日照の年次には、幼穂形成期～茎立期頃及び出穂期頃に、窒素成分で0.4 kg/aを2回、計0.8 kg/aの追肥を施用することで、0.4 kg/aを1回のみ追肥と比べ増収し、外観品質が向上するとともに、品質ランク区分の評価項目である子実タンパク質含有率が基準値内となった。

VI 引用文献

- 岩淵哲也・浜地勇次・宮崎真行・内川修（2011）近年の北部九州産コムギにおける子実タンパク質含有率低下の要因解析。日作紀。80（1）：59－64。
- 倉井幸一・木村守・遠山明子（1998）小麦の追肥による生育パターンの変化と追肥技術への応用。栃木農試研報。47:1－12。
- 深山政治・勝木田博人・斉藤研二（1989）コムギの生育時期別最適窒素保有量と出穂以降の窒素吸収について。土肥誌60（2）：106－115。
- 農業研究センター（1986）小麦調査基準 第1版。http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/laboratory/nics/material/018318.html
- 農林水産省（2015）農林認定品種データベース。http://agri.knowledge.affrc.go.jp/search/image/hinshu/。
- 大澤実・高橋利和・菅谷隆幸（2010）異なる地域で栽培されたコムギ新品種「さとのそら」の収量性日作紀。79（別2）：66。
- 大澤実・高橋利和・菅谷隆幸（2012）群馬県における秋播性早生コムギ品種さとのそらの生育・収量特性。日作紀。81（3）：343－348。

島崎由美・渡邊好明・松山宏美・平沢正 (2014) 窒素追肥の時期がコムギ品種「ユメシホウ」の収量及び子実タンパク質含有率に及ぼす影響. 83 (1) :25-31.

建部雅子・岡崎圭・唐澤敏彦・渡辺治郎・大下泰生・辻 博之 (2006) パン用秋まきコムギ「キタノカオリ」の収量, タンパク質含有率を高める窒素施肥法. 土肥誌77 (3) : 273-281.

田中浩平・福島裕助・陣内暢明・大賀康之 (2001) 小麦品種「チクゴイズミ」の容積重およびタンパク質含有率の変動要因と向上対策. 日作九支報67 : 20-22

田谷省三・荒木均・野中舜二 (1981) コムギ「農林61号」の収量及び諸形質に及ぼす気象条件の影響. 日作九支報 48 : 15-18.

田谷省三 (2001) 西日本地域における小麦蛋白質含量の現状と改善方策. 農業技術. 56:498-505.

Effects of Nitrogen Top-dressing on Yield, Grain Quality and Grain Protein Content of Wheat cultivar ‘Satonosora’ in an Upland Field Converted from a Paddy Field in Chiba Prefecture

Atsushi MOCHIZUKI, Nanako UGAJIN and Yasuo TSURUOKA

Key words: wheat, Satonosora, topdressing

Summary

We investigated the effects of nitrogen top-dressing on yield, grain quality and grain protein content of wheat cultivar ‘Satonosora’ in an upland field converted from a paddy field in Chiba Prefecture.

1. Top-dressing with 40 kgN/ha, from panicle initiation to the jointing stage, significantly increased yield.
2. Top-dressing with 40 kgN/ha at heading significantly increased grain nitrogen content, but resulted in lower grain quality.
3. Increasing the amount of nitrogen fertilizer by top-dressing in the range of 60 kgN/ha from 20 kgN/ha tended to increase yield and grain protein content.
4. Increasing grain nitrogen content tended to lower the grain’s quality and class.
5. Two top-dressings, comprising 40 kgN/ha from panicle initiation to the jointing stage and 40 kgN/ha at heading, due to sufficient sunshine and average precipitation conditions during the ripening period increased yield, maintaining high grain quality and a high class of grain nitrogen content.