

## 秋播ライコムギ (*×Triticosecale* Wittmack) の窒素反応

### 第2報 基肥、起生期および出穂期追肥の総窒素施用量が 乾物生産性に及ぼす影響

義平大樹・田原義久・唐澤敏彦\*・中司啓二\*・有原丈二\*\*・小阪進一

Responses of winter triticale (*×Triticosecale* Wittmack) to nitrogen fertilizer

#### II. Effects of total nitrogen application level in basal and top dressing at sprouting and at heading stage on dry matter production

Taiki YOSHIHIRA, Yoshihisa TABARU, Toshihiko KARASAWA\*

Keiji NAKATSUKA\*, Joji ARIHARA\*\*, Shinichi KOSAKA

#### Summary

A field experiment was conducted on Gleyic Andosols in Hitsujigaoka, Sapporo during the 1994-95 season to examine the effects of nitrogen (N) on dry matter production and physiological growth attributes of a Polish high yielding triticale (*×Triticosecale* Wittmack) cv. Presto. Five treatments including the control (N-0) and 4 levels of nitrogen (6 [N-6], 12 [N-12], 18 [N-18] and 24 [N-24] g/m<sup>2</sup>) were applied in a randomized block design with three replications. In all N treatments, 4gN/m<sup>2</sup> was applied as the basal dose. In N-6, N-12, N-18 and N-24 respectively, 2-2, 4-4, 7-7, and 10-10gN/m<sup>2</sup> were applied as top dressing at sprouting and at heading stage.

Dry matter yield was maximum in N-18, because of a high crop growth rate (CGR) and net assimilation rate (NAR) from the milk-ripe stage to maturity.

Dry weight of culm including leaf sheath was high in N-18 than in other treatments. CGR and NAR in N-24 were less than in N-18 due to a fas-

ter onset of senescence of lower leaves in the former.

Despite a low harvest index, grain yield in N-18 was maximum because of high dry matter production, which in turn was associated and LAD were positively correlated ( $r=0.957^{***}$ ). The results indicate the importance of N management in triticale to obtain LAD without lodging.

キーワード：ライコムギ、窒素施用量、乾物収量、個体群生長速度、純同化率

Key words: triticale, nitrogen rate, crop growth rate (CGR), net assimilation rate (NAR)

#### 緒言

個体群生長速度および純同化率などの生長パラメータは、乾物重および葉面積といった比較的単純な生育量を測定するだけで求まり、植物の生産力の成立過程や環境の影響を解明できる利点を持つことがよく知られている<sup>4)</sup>

下野<sup>10)</sup>は、北海道の秋播コムギの子実収量の成立過程の品種および系統間差異を生長パラメータを用いて解析している。また、Reddyら<sup>9)</sup>やSharma<sup>9)</sup>は、ライコムギ品種間およびライコムギとコムギ品種の子実

酪農学園大学 (069 江別市文京台緑町582)

Rakuno Gakuen Univ. Ebetsu, 169 Japan

\*北海道農業試験場 (062 札幌市豊平区羊ヶ丘1)

Hokkaido National Agriculture Experiment Station, Hitsujigaoka, Sapporo, 062 Japan

\*\*農業研究センター (305 茨城県筑波市観音台)

National Agriculture Research Center, Tsukuba 305, Japan

「一部は、平成7年度 研究発表会において発表」1995年度酪農学園大学共同研究の助成を受けたものである。

収量、乾物収量の差異を生長解析の方法を用いて、追求している。

窒素施用量および施肥時期が、作物の生育に及ぼす影響を生長解析を用いて調査した例としては、イネ、トウモロコシ、ダイズ、アズキ、タバコ、オーチャードグラスを材料にした数多くの報告<sup>1,2,3,7,8,12)</sup>があるが、コムギに関しては比較的少ない。特に、ライコムギに関しては、その窒素反応を生長パラメーターを用いて解析しようとした例は、日本においてはみられない。

著者らは、前報<sup>11)</sup>において、下層台地多湿黒ボク土で、ポーランドのライコムギ品種Prestoに対して、基肥の窒素施用量を4 g/m<sup>2</sup>とし、起生期、出穂期の追肥を同じ割合で増やす処理をおこなった場合、若干の倒伏を伴うが、子実収量は総窒素施用量が18 g/m<sup>2</sup>の時最大となったことを報告した。本報では、同じ窒素施肥処理をおこなった場合の乾物収量の変化と、その要因を生長解析の手法を用いて追求した。

### 材料および方法

試験は、北海道農業試験場（下層台地多湿黒ボク土、農耕地土壌分類第3次案）でおこなった。供試品種には、ポーランド育成の多収品種Prestoを用いた、畦幅20cm、250粒/m<sup>2</sup>で1994年9月12日に条播した。窒素処理区は1区30m<sup>2</sup>で、基肥、起生期追肥、出穂期追肥の窒素施用量がそれぞれ0-0-0、4-1-1、4-4-4、4-7-7、4-10-10 g/m<sup>2</sup>とし、総窒素施用量が0、6、12、18、24 gとなる5つの処理区（以下、N-0、N-6、N-12、N-18、N-24とする）を設け、3反復乱法の区制で配置した。リン酸およびカリの施用量は、すべての処理区においてそれぞれ10、8.5 g/m<sup>2</sup>とし、基肥として与えた。

越冬前、起生期、幼穂形成期、出穂期、開花期、乳熟期、成熟期に生育中庸な畦30cmを掘り取り、根を含む部位別乾物重と葉面積指数の推移を調査した。根は地下25cmまで土塊ごと掘り上げ、高圧洗浄機で土を落とし、採集した。また、それらを基に、最新作物生理実験法<sup>4)</sup>に従い、個体群生長速度（以下、CGR）や純同化率（以下、NAR）などの生長パラメーターを計算し、処理間の乾物生産過程の差異を調査した。また、乳熟期においてのみ、各処理の生育中庸な5個体の写真を取り、NIH-Imageを使って画像解析処理し、草高に対する葉面積指数の分布を調べた。

## 結果

### 1. 葉面積指数の推移

葉面積指数（以下、LAI）の推移を図1に示した。起生期以降のLAIは、窒素施用量が増えるにしたがって高い値を示した。特に、LAIは、窒素施用量が6 g/m<sup>2</sup>以下の処理区と12 g/m<sup>2</sup>以上の処理区との間に、大きな差異がみられた。また、LAIは、窒素施用量が18 g/m<sup>2</sup>以下の区においては、出穂期頃、最大期をむかえたが、N-24区のそれは6.24と、N-18区を下回った。

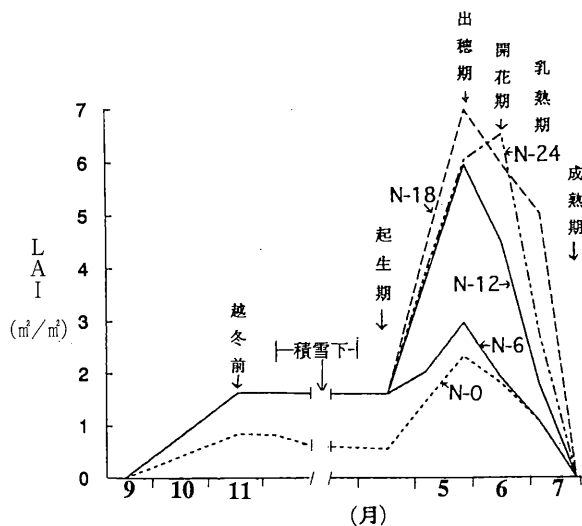


図1. 葉面積指数の推移

### 2. 部位別乾物量

図2に部位別乾物重の推移を示した。全乾物量は、どの処理区も乳熟期頃最大となった。最大期の乾物重は、窒素施用量18 g/m<sup>2</sup>までは、施用量の増加にともない増加した。しかし、N-24区の最大期の乾物重はN-18区のそれを下回った。

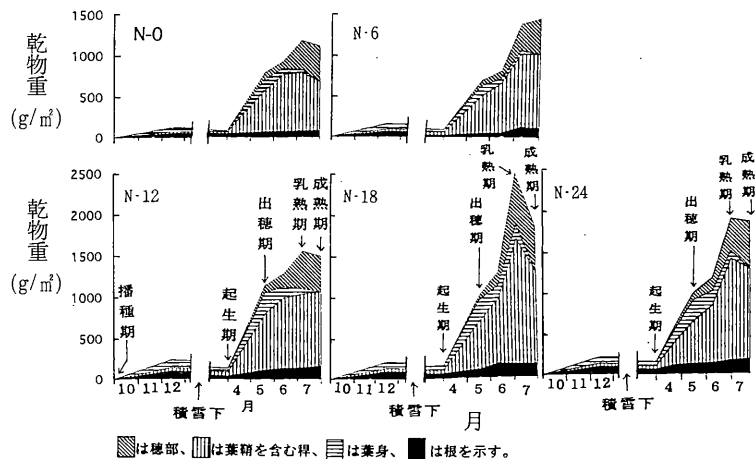


図2. 部位別乾物重の推移

表1に処理区間の差が大きかった生育時期の各部位の乾物重を示した。根の乾物重(以下、根重)の、出穂期から乳熟期にかけて処理間差が大きく、窒素施用量18g/m<sup>2</sup>までは、施用量の増加にともない増加したが、N-24区の根重はN-18区の根重を下回った。N-0区の根重と窒素施用量が6g/m<sup>2</sup>以上の処理区の根重との間には、大きな差が認められた。しかし、有意な差ではなかった。

葉身の乾物重(以下、葉重)は、どの処理区とも出穂期に最大となった。葉重は、窒素施用量が多い処理区ほど大きくなった。葉重は、窒素施用量が6g/m<sup>2</sup>以下の処理区と12g/m<sup>2</sup>以上の処理区との間の差がきわだって

大きかった。

乳熟期における葉鞘を含む稈の乾物重(以下、稈重)は、窒素施用量が18g/m<sup>2</sup>までは施用量にともない増加した。稈重は、窒素施用量が12g/m<sup>2</sup>以下の処理区と18g/m<sup>2</sup>以上の処理区との間の差がきわだって大きかった。

穂部の乾物重は、N-18区が最も大きかった。葉身、葉鞘、分けつ茎を含めた枯死部乾物重は、窒素施用量が多い処理区ほど大きくなった。

収穫指数(成熟期の子実乾物重と最大期の全乾物重の比)はN-18区が最も低かった。

表1. 窒素施用量の増加にともなう部位別乾物重の変化

| 根     | 葉身               |      | 葉鞘を含む稈 |     | 穂部  |      | 枯死部 |     | 収穫 <sup>1)</sup> |     |      |
|-------|------------------|------|--------|-----|-----|------|-----|-----|------------------|-----|------|
|       | 出穂期              | 乳熟期  | 出穂期    | 開花期 | 出穂期 | 乳熟期  | 乳熟期 | 成熟期 |                  |     |      |
|       | g/m <sup>2</sup> |      |        |     |     |      |     |     |                  | %   |      |
| N-0   | 76               | 80   | 106    | 60  | 408 | 658  | 288 | 361 | 64               | 73  | 34.3 |
| N-6   | 127              | 116  | 125    | 63  | 455 | 894  | 323 | 387 | 68               | 48  | 35.6 |
| N-12  | 118              | 145  | 252    | 133 | 688 | 899  | 411 | 473 | 92               | 90  | 36.6 |
| N-18  | 170              | 182  | 250    | 166 | 587 | 1513 | 501 | 590 | 95               | 107 | 28.7 |
| N-24  | 134              | 170  | 258    | 179 | 519 | 1246 | 393 | 573 | 105              | 119 | 31.3 |
| 処理間差異 | N.S.             | N.S. | *      | **  | **  | **   | **  | *   | **               | **  | *    |

\*\*、\*は、それぞれ1.5%で有意であることを示す。N.S.は、有意差なし。  
1)は、成熟期の子実の乾物重/最大期の全乾物重(%)

図3に乾物分配率の推移を示した。炭酸同化産物の分配の中心は、生育に進むにしたがい、葉から稈、稈から穂へ移行した。窒素施用量の多い区ほど、この移行時期が生育段階に対して遅れる傾向にあった。

3. 生長パラメーター

図4にN-12区、N-18区およびN-24区の起生期から成熟期までの個体群生長速度(CGR: Crop Growth

rate, g/m<sup>2</sup>/day)と純同化率(NAR: Net assimilation rate, g/m<sup>2</sup>/day)の推移を示した。栄養生長期間にはきわだって差異はみられなかった。出穂期から乳熟初期にかけては、どの処理区も、個体群生長速度、純同化率ともに停滞した。乳熟初期か成熟期にかけての個体群生長速度、純同化率はともに、N-18区が最も高く、ついてN-24区、N-12区の順だった。

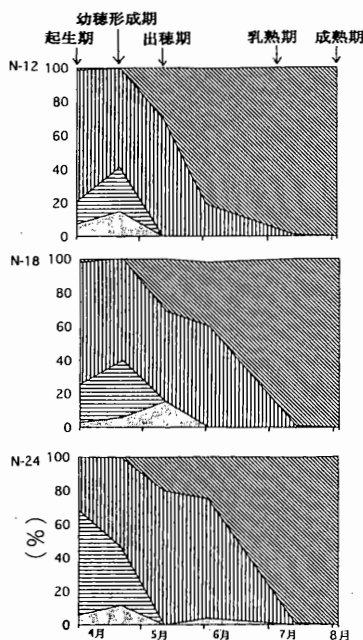
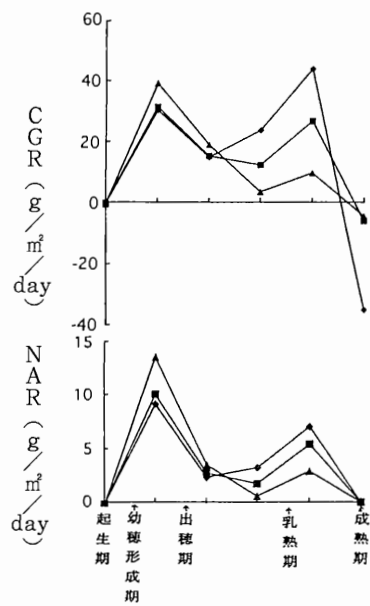


図3. 乾物分配率(部位別乾物重増加量/全乾物重増加量, %)

■は穂部、▨は葉鞘を含む稈、▧は葉身、□は根を示す。



CGRは個体群生長速度、NARは純同化率を示す。

図4. 生長パラメーターの推移

▲ N-12    ● N-18    ■ N-24

#### 4. 乳熟期の葉群構造

図5に乳熟期におけるN-12区、N-18区、N-24区の葉群構造を示した。ライコムギは、止葉の葉面積が上位第二、三葉に比べて小さいため、草高60~90cmを中心とした紡錘状を呈した。

窒素施用量が増加するにしたがい、一葉当りの葉面積が増加するため、N-18区、N-24区はN-12区にくらべて横に長い紡錘状を呈した。N-24区は上位第三葉以下の下位葉の枯れ上がりが激しいため、下層部の分布が少なかった。

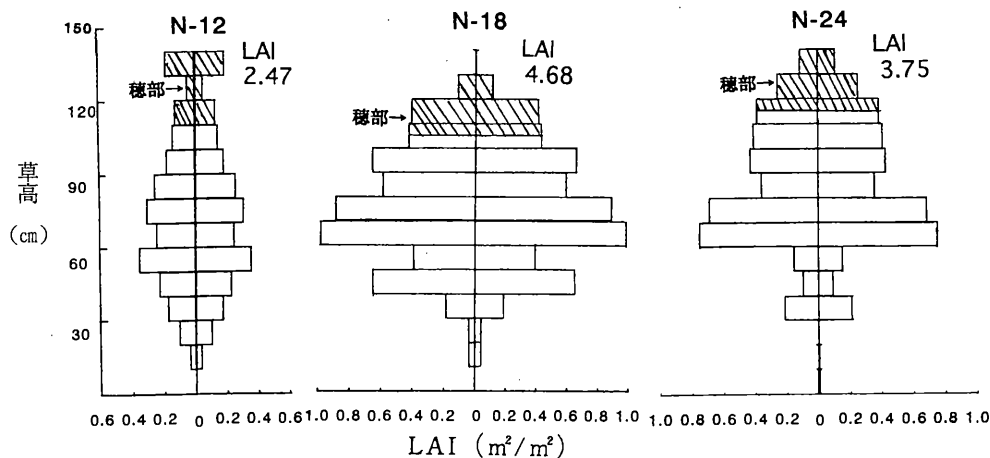


図5. 乳熟期における葉群構造

#### 5. 葉積と比葉重

表2に葉積と比葉重を示した。起生期から成熟期までのLAIに葉の持続期間をかけた葉積は、窒素施用量が18g/m²までは施用量の増加にともない増加したが、N-24区の葉積(406m²/m²・day)はN-18区の葉積(436m²/m²・day)を下回った。葉積と最大期の全乾物重との間には、 $r=0.957$ の高い相関関係が得られた。

比葉重は、上位から下位までの葉身の平均した厚さを示す指標であるが、窒素施用量が多くなるにしたがい葉身の厚さが薄くなる傾向にあった。その処理間の差異は、開花期よりも乳熟期で大きかった。

#### 考 察

N-18区の乾物収量が処理区中、最も高かったのは、登熟期間後半のCGR、NARが他の処理区よりも大きいことに起因すると考えられる。

あらゆる作物において、CGRはLAIに比例して大きくなるのではなく、CGRを最大にする最適葉面積指数(以下、LAI<sub>opt</sub>)があることが知られている<sup>4)</sup>。N-18区において登熟期間後半のCGR、NARが他の処理区に比べてLAI<sub>opt</sub>に最も近いことであると推察される。N-24区においては、葉の相互遮蔽が激しく群落の下層部への透過光が少なくなり、湾曲倒伏ともあいまって、上位第三以下の葉の老化が早まったため、葉積の減少につながり、その結果、N-18区に比べて乾物収量が少なくなったと考えられる。このことは、N-24区の枯死部の乾物重が生育期間を通じて最も多いことから裏付け

表2. 葉積と比葉重

| 処理区   | 1) 葉積 (m²/m²・day) |     | 2) 比葉重 (g/m²) |     |
|-------|-------------------|-----|---------------|-----|
|       | 開花期               | 乳熟期 | 開花期           | 乳熟期 |
| N-0   | 211               | 43  | 65            |     |
| N-6   | 260               | 39  | 52            |     |
| N-12  | 375               | 39  | 51            |     |
| N-18  | 436               | 37  | 45            |     |
| N-24  | 406               | 36  | 45            |     |
| 処理間差異 | **                | *   | **            |     |

\*\*、\*は1.5%水準で有意であることを示す。

1) は、葉積 (LAI:葉面積指数×起生期から成熟期までの持続期間)  
2) は、葉乾物重/葉面積

られる。

N-18区において乾物重が大きく推移したのは、部位別にみると、葉鞘を含む稈の乾物重が高かったことに起因する。窒素施用量が増加するに伴い、葉鞘を含む稈への乾物分配率が高くなったことから裏付けられる。

N-18区の収穫指数は最も小さかったが、成熟期の乾物重が最も大きかったため、子実収量が他の処理区に比べ高かったと考えられる。

光合成産物の各器官への分配は、春播きコムギにおいて、生育初期は主として葉に分配されるが、幼穂形成期以降は稈への分配が大きくなり、出穂期以降は芒や穎を含めた穂部への分配される割合が増加し、乳熟期以降はほとんど子実が占める<sup>5)</sup>とされている。ライコムギもほぼ同様の傾向にあった。

Reddyら<sup>6)</sup>やSharmaら<sup>9)</sup>はライコムギ品種の比較

試験を行い、子実収量と止葉の葉積、および全体の葉積との間には、有意な相関関係を示すことを報告している。本実験においても、各処理区の起生期から出穂期までの葉積と最大期の乾物重の間に  $r = 0.957$  の高い正の相関関係を示した。乾物収量を増大するためには、倒伏させない範囲で、葉積を高く維持する肥培管理が重要であることが示唆された。

### 引用文献

- 1) Berzenyi, Z. (1993) Dynamics of growth and growth characteristics in different years as affected N fertilization in maize (*Zea mays* L.) *Novenytemeles* 42(5), 457-471
- 2) Carino, P. M. (1987) Growth, yield, quality and dry matter partitioning in three flue-cured tobacco varieties at different topping times and nitrogen fertilization *College Laguna* 97 leaves.
- 3) Kim, C. K., S. Y. Lee, M. S. Lim, C., I. Cho and C. H. Kim (1987) Effect of nitrogen split application on the rice growth and yield production under machine-transplanting in rice (*Oryza sativa* L.) *Korean Journal of Crop Science* 32(1), 48-54
- 4) 中世古公男 (1985) 植物生産力の測定 最新作物生理実験法234-246 農業技術協会
- 5) 高橋 肇、中世古公男、後藤寛治 (1988) 春播きコムギの短稈および長稈品種ハルヒカリおよび半矮性系統2-47の乾物分配特性について 日作紀57(3), 522-526
- 6) Reddy, G. G. and Pyare Lal (1976) Physiological analysis of yield variation in triticale and wheat varieties under unirrigated condition *Indian Journal of Plant Physiology* 19(2), 154-163
- 7) Sagawa, S. (1991) Studies on characteristics of dry matter production and seed yield of soybean (*Glycine max* L.)  
I. Characteristics of dry matter production of soybean grown under rotational upland field, *Journal of the Faculty of Agriculture Iwate University Crop Science* 20(3), 273-288
- 8) 沢口正利 北海道における小豆の栄養生理的特性と施肥法に関する研究 北海道立農業試験場報告 第54号

- 9) Sharma, B. D., G. S. Sandha, K. S. Gill and G. S. Dhindsa (1990) Physiological and morphological determinants of grain yield at different stages of plant growth in triticale *Proceedings of the second international triticale symposium*, 98-104
- 10) 下野勝昭 秋播小麦の栄養生理と窒素肥培管理法に関する研究 北海道立農業試験場報告 第57号
- 11) 義平大樹、唐澤敏彦、中司啓二、有原丈二、松中照夫 (1996) 秋播ライコムギの窒素反対 第1報 窒素施用量が生育、収量に及ぼす影響 北草研報 30, 80-83
- 12) Yun, J. I. and H. J. Lee (1981) Effect of nitrogen fertilization on growth, dry matter yield and nitrogen use of orchardgrass *Korean journal of Crop Science* 26(3), 257-262

### 摘 要

下層台地多湿黒ボク土において、ポーランド育成のライコムギ多収品種Prestoを用い、基肥窒素施用量を  $4 \text{ g/m}^2$  にし、起生期および出穂期の窒素施用量をそれぞれ1, 4, 7,  $10 \text{ g/m}^2$  とする処理区 (N-6, N-12, N-18, N-24) を窒素無施用区 (N-0) と併置し、子実収量を調査した時、N-18区が最も高かった。この要因を部位別乾物重および葉面積指数の推移、葉群構造、またこれらから求まる生長パラメーターにより追究した。

最大期の全乾物収量はN-18区が最も高かった。これは登熟期間後半の個体群生長速度、純同化率が他の処理区よりも大きいことに起因すると考えられる。N-24区は、葉の相互遮蔽が激しく群落の下層部への透過光が少なくなり、湾曲倒伏ともあいまって、上位第三葉以下の葉の老化が早まったため、葉積の減少につながり、N-18区に比べて乾物収量が小さくなったと考えられる。

N-18区において乾物重が大きく推移したのは、部位別にみると、葉鞘を含む稈の乾物重が高かったことに起因した。N-18区の収穫指数は最も小さかったが、成熟期の乾物重が最も大きかったため、子実収量が他の処理区に比べて高かった。

起生期から成熟期までの葉積と最大期の全乾物重の間には、 $r = 0.957$  の高い相関係数が得られた。乾物収量を増大させるためには、倒伏しない範囲で葉積を最大限に維持する肥培管理が大切であることが示唆された。

(1996年10月11日 受理)