

## 夏粟の生殖成長期に吸収された窒素の挙動

隋 方功\*・稲永 醇二・堀口 毅

(植物栄養・肥料学研究室)

平成12年8月25日 受理

### The Behavior of Nitrogen Absorbed at the Reproductive Stage of Summer Millet Plant (*Setaria italica Beauv*)

Fanggong SUI\*, Shunji INANAGA and Tsuyoshi HORIGUCHI

(Laboratory of Plant Nutrition and Fertilizer)

#### 緒 言

昔から粟 (*Setaria italica Beauv*) は五穀の一つとして重視され、世界中で広く栽培されている。夏粟は生育期間が比較的短く、環境への適応性も広く、特に耐旱性があるところから、中国では黄河と淮河流域の雨の少ない地域で栽培され、重要な食糧資源となっている<sup>1)</sup>。

粟の子実は穀類の中でも蛋白質に富み、消化吸収率も高く、健康食品として優れている。米と混ぜ常食とするほかに、餅、菓子、飴、醸造用原料としても広く利用されている。また、藁には蛋白質が約4%含まれ、その消化率も35%~45%と高く、禾本科植物の中でもっとも飼料価値が高いところから、飼料としての需要も多い<sup>2)</sup>。

粟は比較的少ない肥料でも生育するが、元来吸肥力が高く、耐肥性も大きいところから増肥効果は著しく、粟の子実生産を増すためには多量の窒素追肥が効果的であるが、追肥時期によってその増収効果は異なる<sup>2)</sup>。その要因の一つは吸収された追肥由来の窒素が粟の子実生育に果たす役割の相違にあると思われる。趙ら<sup>3, 4)</sup>は夏粟の窒素では発芽後29日目(茎伸長期~穂孕み前期)と49日目(出穂期)に窒素吸収のピークが現れることを報告した。しかし、各生育期に吸収された窒素の作物体内における挙動についての知見は少ない<sup>5)</sup>。植物の窒素栄養に関する知見は近年重窒素の利用によって種々な作物で多数得られているが、粟、特に夏粟についての研究は極めて少ない<sup>6, 7)</sup>。夏粟の合理的な施肥体系を確立

するためには、生育時期別に吸収された窒素の作物体内における役割を明らかにする必要があるものと考えられる。

本研究では生殖成長期に焦点を絞り、<sup>15</sup>Nを用いて夏粟の種子形成期以後に吸収された窒素の挙動について検討を行った。

#### 材 料 と 方 法

ウスプルンで1時間消毒した種子(鹿児島在来種)を7月6日に砂に播種し、発芽した苗を7月15日に表1に示した培養液を入れた18L容のポットに移植した。なお多量要素については表1の1/4濃度に調整した。培養液の更新は6日間毎に1回行い、pHは3日間毎に5~6に調整した。8月1日に生育の揃った苗を1本ずつ表1に示した培養液を入れた4.5L容のプラスチックポットに移植した。<sup>15</sup>NでラベルしたNO<sub>3</sub>-Nを穂孕み前期(8月18日~8月24日)、穂孕み期(8月24日~8月30日)、出穂期(8月30日~9月5日)、開花期(9月5日~9月11日)、登熟前期(9月11日~9月20日)、登熟後期(9月20日~9月27日)にそれぞれ6日間(登熟前期は9日間、登熟後期は7日間)吸収させた。なお実験は

Table 1. The composition of nutrient solution

Compound	mol L <sup>-1</sup>	Micro element	mg L <sup>-1</sup>
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	0.001	Fe	3
KNO <sub>3</sub>	0.005	Mn	0.15
MgSO <sub>4</sub> ·4H <sub>2</sub> O	0.002	Cu	0.005
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O	0.005	Zn	0.001
		Mo	0.005
		B	0.1

\*中国華中農業大学訪問研究員

3連で行った。

10月14日に収穫した試料は根、茎（葉鞘を含む）、下位葉（止葉以下8～初葉）、中位葉（止葉以下4～7葉）、上位葉（止葉以下1～3葉）及び穂に分け、乾燥後、ガンニング変法によって分解し、全窒素を定量した。また、粉碎した試料約50mgを取り、全自動全窒素重窒素同時測定装置（AN-150型、日本分光）により<sup>15</sup>Nの分析を行った。

## 結 果

### 1. 夏粟の各部位の窒素含有率

表2に示したように各部位における全窒素含有率は穂、上位葉、中位葉及び根では23～27gkg<sup>-1</sup>の値を示して、これらの器官に差異は認められなかったが、茎及び下位葉は他の器官よりも低い傾向を示した。

### 2. 生殖成長期に吸収された窒素の部位別含有量

生殖成長期の各時期に吸収された窒素の全量と各

部位の含有量を表3に示した。まず、各時期の全吸収量についてみると、穂孕み前期が最も高く、次いで穂孕み期、開花期の順で多く、出穂期と登熟後期は少なかった。次に各部位別含有量についてみると、各時期とも穂が最も多かった。また、各葉位葉についてみると各時期とも下位葉は中位葉、上位葉よりも少なかったが、中位葉と上位葉の間には著しい差はなかった。

一方、窒素の吸収時期別についてみると、上位葉では穂孕み前期>穂孕み期>開花期>出穂期・登熟前期・登熟後期、中位葉では穂孕み前期>穂孕み期・開花期・登熟後期>出穂期・登熟前期の順であったに対し、下位葉では穂孕み前期が他の時期よりも多かった。葉全体では上位葉と同様な傾向を示した。根では穂孕み前期>穂孕み期>開花期・登熟前期>登熟後期・出穂期、茎では穂孕み前期>穂孕み期>開花期>出穂期・登熟前期>登熟後期の順であった。

また、穂における窒素の含有量についてみると、全窒素吸収量と同じ順であった。

Table 2. Total nitrogen concentration of organs of summer millet (g kg<sup>-1</sup>)

Organ	Root	Stem	Lower leaf	Middle leaf	Upper leaf	Ear
	22.9±2.9	12.2±3.1	20.4±2.2	24.8±1.6	23.8±1.5	23.9±2.3

Table 3. Nitrogen contents absorbed at different growing period of summer millet (mg · plant<sup>-1</sup>)

Treatment	Root	Stem	Lower leaf	Middle leaf	Upper leaf	Total leaf	Ear	Total plant
Early booting stage	28.08	26.53	4.97	11.59	13.00	29.55	110.34	195.22
Booting stage	25.01	20.89	1.56	6.19	10.48	18.23	85.55	149.67
Heading stage	11.39	13.68	1.79	3.89	4.11	9.79	42.78	77.64
Flowering stage	13.32	17.39	3.08	5.36	6.34	14.78	69.33	114.82
Early ripening stage	13.34	13.42	2.01	3.99	4.02	10.02	43.30	80.08
Ripening anaphase	11.09	9.71	1.27	5.68	4.35	11.29	27.50	59.59

Table 4. The distribution of N absorbed at each stage to each organs of summer millet plant (%)

Treatment	Root	Stem	Lower leaf	Middle leaf	Upper leaf	Total Leaf	Ear
Early booting stag	14.4	13.6	2.6	6.0	6.7	15.2	56.7
Booting stage	16.7	14.0	1.0	4.1	7.0	12.2	57.2
Heading stage	14.7	17.6	2.3	5.0	5.3	12.6	55.1
Flowering stage	11.6	15.2	2.7	4.7	5.5	12.9	60.4
Early ripening sta	16.7	16.8	2.5	5.0	5.0	12.5	54.1
Ripening anaphas	18.6	16.3	2.1	9.5	7.3	18.9	46.1

### 3. 生殖成長期に吸収された窒素の部位別分布割合

生殖成長期の各時期に吸収された窒素の作物体各部位への分布割合を表4に示した。各時期に吸収された窒素はいずれの時期とも穂に最も多く分配されたが、特に開花期は60%と最も高く、次いで穂孕み前期及び穂孕み期であり、登熟後期がいずれの時期より著しく低く約46%であった。栄養器官の根、茎、葉には吸収された窒素のそれぞれ11~19%が分布したが、その割合は時期により異なった。即ち、根では登熟後期が18.6%と最も高く、穂への分配が最も高かった開花期が最も低かった。一方、茎では穂孕み前期及び穂孕み期が約14%と他期に比べて少なかった。

葉全体では登熟後期が19%と最も高い値を示したが、穂孕み前期を除いて、他の時期に吸収されたに窒素はほぼ12~13%と一定の割合を示した。また葉の中で下位葉の占める割合が最も少なく、特に穂孕み期では少なかった。中位葉では登熟後期が他の時期より著しく高くなり、一方上位葉では穂孕み期、登熟後期及び穂孕み前期はほぼ同じ値を示した。

## 考 察

夏粟の窒素吸収量は穂孕み前期が最も大きく、その後漸次減少するが、開花期に再び増加し、登熟まで低下する<sup>12)</sup>。表3に示したように生殖成長期の窒素吸収量は、穂孕み期が最も大きく、その後生育に伴い減少し、開花期に再び増加しその後減少した。この結果は前述の報告と一致している<sup>8, 9)</sup>。

生殖成長期に吸収された窒素はいずれの時期でも穂に最も多く分配されたが、その割合は各時期により異なった。即ち穂孕み期は窒素吸収量が最も多く、穂への分配も約57%と高かった。一方開花期では吸収量は穂孕み前期・後期に比べて少なかったが、他の期よりも多く、また穂へ分配される割合も60%と最も高かった。趙らの追肥試験の結果によると、発芽後20~23日目の伸長成長期と40~43日目の穂孕み期の追肥が子実生産に最も効率的であった<sup>3)</sup>。これらの結果から考えると、穂孕み前期と開花期の窒素追肥は子実収量の増加のみならず穂の窒素含有量を高めるのに寄与すると思われる。一方、出穂期では窒素の吸収量が非常に少なかった。同じ禾本科植物の稲の場合は出穂期の窒素吸収量と籾数には密接な正の相関が認められ、出穂7日前に施用した窒素の利用率が高いことが報告されている<sup>11)</sup>。夏粟の場合、出穂前後の時期の追肥窒素の利用率についてはまだ

明らかにされていない。

窒素は粟の生長に重要な役割を果たしている。著者等の土耕による実験の結果では、夏粟は根を中心として生長する幼苗期に吸収した窒素、リン酸、カリウムなどの無機成分の65%~75%は根に分配されるが、収穫期になると3%~5%に減少した<sup>5)</sup>。今回の実験において根における窒素含有率が高く、また各時期に吸収された窒素の根への分布割合が高くなったのは収穫期まで窒素を供給したことによるものと考えられる。

穂孕み期には穂の形成と共に栄養成長を行っており、この時期はまだ葉が形成されている時期である。前述のように生殖成長期に吸収された窒素は穂に最も多く分配されたが、穂孕み前期では葉、特に中位葉、上位葉に存在する窒素量もその分布割合も他の時期より高かった。また、穂孕み期の上位葉でもその傾向がみられた。これらの結果は、この時期に根から吸収された窒素は茎葉部に一担蓄積され、その後穂の生育に伴い穂に転流するが、一部はその時期に新しく展開する葉の構造蛋白など分解されにくい窒素化合物として存在するためと考えられる。また開花期以降に同化される光合成産物は優先的に穂に転流し、また栄養体諸器官に蓄積されていた窒素化合物は一部の炭水化物とともに穂に再転流される。田中<sup>10)</sup>は止葉を切除すると稲の千粒重が明らかに低下することから、光合成における止葉の重要性を指摘した。上位葉では穂孕み前期に吸収された窒素が他の時期に吸収された窒素よりも多く存在し、収穫時まで残存したことから、この時期に吸収された窒素が上位葉の光合成能力の維持に重要な役割を果たしているものと考えられる。

## 要 約

夏粟の生殖成長期以降における窒素の挙動を明らかにするため、<sup>15</sup>Nを穂孕み前期、穂孕み期、出穂期、開花期、登熟前期、登熟後期に供給して検討を行なった。

1) 登熟後の各部位の窒素含有率は穂、上位葉、中位葉及び根が茎よりも高い値を示した。

2) 生殖成長期の各時期における窒素吸収量は、穂孕み前期が最も多く、次いで穂孕み期、開花期の順であり、出穂期は開花期よりも低かった。

3) 生殖成長期の各時期に吸収された窒素の器官別分布割合は、各時期とも穂が最も高かったが、その割合は時期により異なった。即ち開花期が最も高

く、登熟後期が最も低かった。一方、穂の割合が低かった登熟後期では、根や葉、特に中位葉への分布割合が他の時期よりも高かった。

一方、穂孕み前期に吸収された窒素は、収穫時まで中位葉や上位葉に比較的多く残存し、光合成能力の維持に関わっている事が考えられた。

#### 参 考 文 献

- 1) 中国科学院：中国食糧の研究. p. 64-378, 中国農業科技出版社, 北京 (1989).
- 2) 山西省農業科学院：中国粟栽培学. p. 94-101 ; 323-347, 農業出版社, 北京 (1987).
- 3) Zhao, L., Cheng, S. Y., Sui, F. G., Shi, Q. W., Guo, L. Z. and Sun, Z. M.: Studies on the requirement of summer millet for fertilizers, *Soils*, **20**(4), 180-183, 187 (1988). (in Chinese).
- 4) Zhao, L., Cheng, S. Y., Sui, F. G., Lui, Z. Y. and Sun, Y. X.: Effects of nitrogen phosphate and potash fertilizers on the quality of summer millet grain. *Journal of Laiyang Agricultural College*, **7**(1), 34-38 (1990). (in Chinese)
- 5) Sui, F. G., Guo, L. Z., Shi, Q. W. and Zhao, L.: Distribution and translocation of N, P and K elements in different organs of summer millet (*SETARICA ITALICA BEAUVE*). *Journal of Laiyang Agricultural College*, **8**(3), 186-191 (1991). (in Chinese).
- 6) Sui, F. G., Guo, L. Z., Shi, Q. W., Zhao, L. and Sun, P.: Studies on dynamic of absorption and translocation in different leaf of summer millet (*SETARICA ITALICA BEAUVE*). *Journal of Laiyang Agricultural College*, **8**(4), 257-263 (1991). (in Chinese).
- 7) Sui, F. G.: The characteristics of nitrogen stage nutrition and the utilization rate of nitrogen fertilizer of summer millet. *Journal of Laiyang Agricultural College*, **7**(3), 182-185 (1990). (in Chinese).
- 8) Sui, F. G., Yu, C. C. and Lui, P. L.: Effects of nutrient deficient culture on the absorption of P, K, Ca and Mg of summer millet seedling. *Journal of Laiyang Agricultural College*, **9**(3), 205-210 (1992). (in Chinese).
- 9) Sui, F. G.: Effects of nutrient deficient culture on the absorption of Fe, Mn, Cu and Zn of summer millet seedling. *Millet Crops*, **1992**(1), 14-18 (1992). (in Chinese).
- 10) 田中 明：葉位べつに見た水稻葉の生理機能の特性及びその意義に関する研究 (第2報), 各葉位の生理機能の比較. *土肥誌*, **26**(9), 341-345 (1956).
- 11) 植物栄養土壤肥料大事典, 養賢堂. p. 602-607 (1976).
- 12) 張 道勇, 王 鶴平：中国实用肥料学, p. 239-242, 上海科学技术出版社, 上海 (1997).

---

### Summary

To represent the behavior of nitrogen at the reproductive stage of the summer millet, some investigation attempts were allowed to be executed, supplying  $\text{NO}_3\text{-N}$  labeled with  $^{15}\text{N}$  at the following respective stages, 'early booting', 'booting', 'heading', 'flowering', 'early ripening' and 'ripening anaphase'. Results obtained were as the following.

1. Nitrogen concentration values of the respective organs were higher at the root, ear, upper leaf and middle leaf than those at the stem and lower leaf.

2. Concerning the nitrogen contents of the respective organs the content absorbed at the early booting stage was the most among the respective stages, followed by the heading stage and the flowering stage, excepting the lower leaf, and those of the heading stage were less than those of the flowering stage.

3. The distribution of nitrogen absorbed at each stage to each organ was noted to be highest in the ear through all the stages, however, the ratio was somewhat different at the growing stage; the highest was noted at the flowering stage and the lowest at the ripening anaphase stage. While the ratio of N at the ripening anaphase stage was higher in the leaf and the root than that in the stem.