窒素形態の差異とそ菜の生育 (第4報)

生育段階との関係

岩田正利・小野 泰

(東京大学農学部)

Influence of the forms of nitrogen supplied on the growth of vegetable crops. IV.

Growth as influenced by ammonium nitrogen supplied in various growth stages

Masatoshi IWATA and Yasushi ONO

Faculty of Agriculture, University of Tokyo, Bunkyo, Tokyo

Summary

Experiments were performed to compare the influence of ammonium nitrogen supplied in various growth stages, on the growth of turnip and cabbage in the sand culture outdoors. The growth period from the sowing time middle in April to the harvesting time middle in June was divided into four periods about two weeks each, and ammonium nitrogen was supplied in any one of the four periods, respectively, nitrate nitrogen being supplied for the remaining periods. The control treatment was supplied with nitrate nitrogen throughout all stages of growth.

When ammonium nitrogen was supplied in the stage from the sowing time to immediately after emergence, many seedlings with cotyledons exhibiting abnormal appearance were produced, and considerable number of these seedlings died. In any subsequent growth stage also, ammonium nitrogen

supplied lowered growth rate as compared with the control, though not so severe as in the emergence stage. In the leaves of plants supplied with ammonium nitrogen, the concentration of nitrate lowered rapidly, while, ammonium and soluble organic nitrogen accumulated. When nitrate was given again to these ammonium seedlings, their growth rates were restored rapidly, however, they could not catch up with the control. In the leaves of these plants, the concentration of nitrate increased quickly, and ammonium concentration decreased considerably.

When ammonium nitrogen was supplied at the emergence stage of tomato and cucumber, their growth rates were lowered, and at higher concentrations of ammonium, even germination percentage decreased, and further, seedlings with cotyledons exhibiting abnormal appearance increased.

硝酸態窒素有るいはアンモニア態窒素を与えてそ菜を砂耕した場合、多くのそ菜ではアンモニア態窒素を与えた時に生育量が劣ることを明らかにしたが⁽⁷⁾、これは最初硝酸態窒素を与え、ある程度生育を進ませてから処理した場合の比較であつて、生育の段階によつてアンモニア態窒素の影響がどのように異なるかについてはかならずしも明らかでなかつた。そこでコカブ・カンランを用い、は種時から収穫時までの期間を4つに分け、それぞれの期間にアンモニア態窒素を与えて生育に及ぼす影響を調べた。さらに発芽前後の幼苗期における影響の大きいことが予想されたので、この時期について別に詳細な実験を行なつた。なおトマト・キュウリについての発芽試験もつけ加えた。

1968年8月27日受理

謝辞：本研究は杉山教授の指導により行なわれ、また千葉大学園芸学部の渡辺博士には種子のあつ旋をお願いした。ここに深謝の意を表する。

実験方法

コカブは極早生金町を用い、十分水洗した石英砂をつめた5千分の1ワグナーポットにまき、戸外で砂耕した。処理としては第1図に示すように、1) は種時の4月18日より収穫時の6月13日までの全期間硝酸態窒素を与えた対照区、2) 茎葉・肥大根生育最盛期の5月30日(対照区の展開本葉数9枚、最大葉長15.1cm、肥大根直径33.5mm)より収穫時までアンモニア態窒素を与えた区、3) 茎葉・肥大根が急速に生長を開始する5月16日(展開本葉数6枚、最大葉長7.6cm)より5月29日までアンモニア態窒素を与えた区、4) 発芽揃い後ま

第1図 各処理区におけるアンモニア態窒素供給時期
□ NO_3 ■ NH_4

もなくの5月2日（最大葉長は子葉の1.3cm）より5月15日までアンモニア態窒素を与えた区、5）は種時の4月18日より5月1日までアンモニア態窒素を与え区の5区を設けた。以上のように各区ともそれぞれの時期に約2週間アンモニア態窒素を与え、他の期間にはすべて硝酸態窒素を与えた。コカブは最終的には1ポット3株ずつに間引き、1区4ポットずつとした。なお各区とも余分にポットを準備し、生育途中の調査用にあてた。

カンランは葉深を用い、第1図に示すように4月20日は種時から6月15日の収穫時までの期間を4つに分け、コカブの場合と同様に5処理区を設けた。ただしカンランの場合は葉球収穫時まで栽培せず、生育途中で打ち切った。ちなみに処理替え時における、全期間硝酸態窒素を与えた対照区の生育状態を示すと発芽揃い後もなくの5月4日には最大葉長は子葉の1.1cm、急速生長開始期の5月18日には展開本葉数4枚、最大葉長4.8cm、急速生長期の6月1日には展開本葉数9枚、最大葉長13.5cmであつた。1区4ポットずつとし、最終的には1ポットあたり1株ずつ残した。

培養液は共通培養液として

M KH_2PO_4	1 ml/l
M/4 K_2SO_4	4
M $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	2
M $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	2
0.8% Fe-EDTA	1
HOAGLAND's minor element solution	1

を用い、これに硝酸態窒素を与える場合は2M NaNO_3 5 ml/l、アンモニア態窒素を与える場合はM $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 5 ml/lを加え、Nとして10meになるようにした。pHは6付近に保ち、液替えは1週間ごとにし、培養原液の稀釈には水道水を用いた。処理替え時には十分水洗し、 $\text{NO}_3\text{-N}$ または $\text{NH}_4\text{-N}$ の呈色反応のないことを確かめてから新しい培養液を与えた。かん液は1日に1lずつ1~2回行なつた。

発芽試験はガラス室内で行ない、コカブ・カンランの場合は底に16の排水口を設けた白色ペンキ塗りの20×

20×5cmのブリキ箱に石英砂をつめ1箱に80粒ずつまいた。硝酸態、アンモニア態窒素区とも3, 10, 30me区を設け、2M NaNO_3 , M $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 液をそれぞれ適量与えた。1区3箱ずつ準備した。なお前述の共通培養液は全処理区に与えた。かん液はすべて如露で1日1回行なつた。第1回目の試験は7月6日（は種）から7月20日（収穫）まで、第2回目は9月21日から10月5日まで行なつたが、大体同様な傾向が得られたので、ここでは第2回目の結果のみを述べる。

トマト（ボンテローザ）、キュウリ（佐渡立秋余蒔）の発芽試験は石英砂をつめた5千分の1ワグナーポットには種して行なつた。トマトは9月8日に1ポット40粒ずつまき、9月20日に収穫し、キュウリは10月1日に1ポット20粒ずつまき、10月15日に収穫した。処理は窒素形態として NaNO_3 , NH_4NO_3 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ の3種を選び、各形態窒素について2, 5, 10, 20, 40, 80meの6段階を設け、1区は2ポットずつであつた。

葉中全窒素（Tot. N）の定量はガニング変法で行なつた。可溶性窒素（Sol. N）の分析は乾燥粉末の一定量を100 mlの定容フラスコに採り、脱塩水60 ml加え、約3分間半煮沸後、時々かく拌しながら放冷し、脱塩水で定容にした。これを乾燥濾紙を用いて濾過し、一定量を分解瓶に採り、1+1 H_2SO_4 と還元鉄を加えて、発生する水素により硝酸塩をアンモニアに還元後、全窒素と同様な方法で定量した。全窒素濃度と可溶性窒素濃度の差を不溶性窒素（Insol. N）濃度とした。硝酸態窒素（ $\text{NO}_3\text{-N}$ ）ならびにアンモニア態窒素（ $\text{NH}_4\text{-N}$ ）は可溶性窒素定量の際の熱水抽出濾液の一定量を採り、SCHLENKER法にしたがい、硝酸態窒素はフェノール硫酸比色法により、アンモニア態窒素はネスラー比色法により定量し、両者の和を可溶性窒素濃度から引いた数値を可溶性有機態窒素（Sol. Org. N）濃度とした。これらの濃度はすべて乾物あたり%であらわした。

実験結果

まずコカブにおける生育段階との関係についてはいずれの時期にアンモニア態窒素を与えても、葉部新鮮重は全期間硝酸態窒素を与えた対照区にくらべ低下した。葉部乾物率は第2図に示すように5月下旬においてもつとも高いが、このように乾物率が高く体内に蓄積する炭水化物が多いと思われる時期にアンモニア態窒素を与えても生育低下の程度が軽減されることはなかつた。なおいずれの時期にアンモニア態窒素を与えても、その後硝酸態窒素を与えれば生育は急速に回復したが、対照区には及ばなかつた。アンモニア態窒素を与えると葉色が濃くなり、さらに進むと葉脈間にクロロシスを示す葉があら

われ、葉緑が下内側にまくようになった。しかしながらこれらの区に硝酸態窒素を与えると葉色はまもなく正常な緑色に回復した。肥大根の生育についても、アンモニア態窒素を与えるといずれの時期でも肥大速度は減少

し、硝酸態窒素を与えると回復した。しかしながら収穫時における肥大根新鮮重はいずれの区も対照区にくらべるとかなり劣った。ただし収穫直前の5月下旬以後アンモニア態窒素を与えた区は窒素を切った場合と似た傾向

を示し、収穫時の葉部新鮮重はもつとも劣つても、肥大根新鮮重は対照区に次ぐ結果を示した。

カンランもいずれの時期にアンモニア態窒素を与えても茎葉新鮮重は対照区より減少した。外観の変化もコカブの場合と似た様相を示した。その後硝酸態窒素を与えると急速に回復したが、実験打ち切り時における茎葉新鮮重はいずれの区も対照区には及ばなかつた。特に生育が急速に進行する5月中旬以後にアンモニア態窒素を与えた第2, 3区はその後硝酸態窒素を与える期間がないか、または短いためもつとも劣つた。またカンランでもコカブの場合と同様に生育段階が進み、葉部乾物率の高い時期(6月上旬)にアンモニア態窒素を与えても、他の時期にくらべ生育量低下の程度が少ないこ

第2図 アンモニア態窒素の供給時期とコカブの生育
(カッコ内の数字はその時期における乾物率)

第3図 アンモニア態窒素の供給時期とカンランの生育
(カッコ内の数字はその時期における乾物率)

とはなかつた。

なお参考のためにコカブ・カンランの収穫時における葉数、最大葉長などを第1表に示したが、各処理間の差の傾向は新鮮重の場合と同様であつた。

さらにコカブの5月16日からアンモニア態窒素を与えた区について、処理後3日、7日、11日における葉位別葉長の推移を対照区と比較した結果を第4図に示した。それによると処理後3日ですでにアンモニア態窒素

第1表 コカブ・カンランの収穫時における生育調査

処 理	コ カ ブ			カンラン	
	葉数	最大葉長 cm	肥大根直 径 mm	葉数	最大葉長 cm
1. 全期間 NO ₃	10.6	17.3	45.4	13.0	15.2
2. 5月下旬 → 6月中旬 NH ₄	8.1	13.0	39.9	9.7	11.6
3. 5月中旬 → 5月下旬 NH ₄	9.8	15.3	32.6	8.0	11.8
4. 5月上旬 → 5月中旬 NH ₄	10.5	16.4	35.6	10.2	14.8
5. 4月中旬 → 5月上旬 NH ₄	8.8	16.8	31.6	10.7	15.8

区は各葉位において硝酸態窒素区より葉長伸長が劣っていることがわかる。日数がたつにつれて両区の差は大きくなり、特に下から数えて第6葉位以上の若い葉においてその差が著しく、硝酸態窒素区では葉数の増加も多かった。一方アンモニア態窒素区では下位3枚くらいの葉の伸長は処理後7日くらいで停止した。これらの葉はその後硝酸態窒素を与えても回復せず黄化脱落し、もつぱら若い葉が急速に伸長を再開した。カンランも大体同様な傾向を示した。

つぎにコカブ・カンラン各処理区の葉中窒素成分濃度を調べた結果が第2, 3表である。いずれの時期に硝酸態窒素からアンモニア態窒素に切りかえても、硝酸態窒素を引き続き与えた対照区にくらべ、全窒素、不可溶性窒素、全可溶性窒素濃度にはあまり明らかな差はみられなかったが、硝酸態窒素濃度は著しく減少し、アンモニア態窒素ならびに可溶性有機態窒素濃度の増加がみられた。一方アンモニア態窒素を与えていた区にふたたび硝酸態窒素を与えると大体前二者の中間の値を示し（カンランの場合若干の例外はあつたが）、生育回復の傾向と一致した。

以上のようにコカブ・カンランでは生育のいずれの時期にアンモニア態窒素を与えても障害があらわれ、生育段階による差がないようにみえた。しかしながらこれは発芽後残存した個体についての結果であつて、発芽時ならびに幼苗期におけるアンモニア態窒素の障害がもつとも著しか

第4図 硝酸態、アンモニア態窒素を与えた場合のコカブにおける葉位別葉長伸長の比較

第2表 コカブの各生育時期における窒素処理と葉中窒素成分濃度（乾物あたり）

処理・時期*	Tot. N	Insol. N	Sol. N	Sol. Org. N	NO ₃ -N	NH ₃ -N	Insol. N / Tot. N
1. NO ₃ 2日/5月	5.61%	4.05%	1.56%	1.27%	0.206%	0.083%	72.2%
1. NO ₃ →NO ₃ 16/5	5.45	3.58	1.87	0.96	0.866	0.042	65.7
4. NO ₃ →NH ₄	5.59	3.97	1.62	1.34	0.177	0.106	71.2
1. NO ₃ →NO ₃ 30/5	4.48	2.84	1.64	1.18	0.426	0.038	63.4
4. NH ₄ →NO ₃	4.67	2.95	1.72	1.41	0.269	0.043	63.1
3. NO ₃ →NH ₄	4.28	2.76	1.52	1.41	0.011	0.099	64.7
1. NO ₃ →NO ₃ 13/6	4.44	2.87	1.57	0.96	0.561	0.054	64.6
3. NH ₄ →NO ₃	5.09	3.25	1.84	1.42	0.380	0.043	63.8
2. NO ₃ →NH ₄	4.47	2.72	1.75	1.60	0.018	0.133	60.9

* 各時期において処理の矢印の後の記号はその期日直前の2週間与えた窒素形態、矢印の前の記号はさらにその前の2週間与えた窒素形態を示す。

第3表 カンランの各生育時期における窒素処理と葉中窒素成分濃度（乾物あたり）

処理・時期*	Tot. N	Insol. N	Sol. N	Sol. Org. N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Insol. N / Tot. N
1. NO ₃ →NO ₃ 18日/5月	4.82%	3.20%	1.62%	1.10%	0.476%	0.046%	66.4%
4. NO ₃ →NH ₄	5.29	3.39	1.90	1.74	0.019	0.145	64.1
1. NO ₃ →NO ₃ 1/6	3.32	2.13	1.19	1.11	0.048	0.037	64.2
4. NH ₄ →NO ₃	3.90	2.63	1.27	1.19	0.049	0.035	67.4
3. NO ₃ →NH ₄	3.88	2.37	1.51	1.34	0.016	0.151	61.1
1. NO ₃ →NO ₃ 15/6	3.34	2.13	1.21	1.03	0.148	0.033	63.8
3. NH ₄ →NO ₃	4.35	2.58	1.77	1.38	0.347	0.039	58.4
2. NO ₃ →NH ₄	3.21	1.99	1.22	1.11	0.017	0.094	62.0

* 各時期において処理の矢印の後の記号はその期日直前の2週間与えた窒素形態、矢印の前の記号はさらにその前の2週間与えた窒素形態を示す。

第5図 各窒素形態処理濃度とコカブ・カンランの
発芽率・異常株率・地上部新鮮重

つた。本実験の場合1ポットあたり多くの種子をまいたので生育初期にアンモニア態窒素を与えても残存個体があり実験を継続できた。この発芽期前後における障害はカンランで特に著しく残存個体はわずかであった。

そこでさらにコカブ・カンランの発芽ならびに幼苗期におけるアンモニア態窒素の影響を調べた結果の一部を示すと第5図のようである。

両種ともは種後3~4日で発芽し始めるが、コカブの発芽率には窒素形態による差はあまりみられなかった。カンランではこの場合発芽率が全体的に低いが、その中でもアンモニア態窒素区は10me以上になると硝酸態窒素区より劣った。発芽勢も発芽率と同様な傾向を示した。新鮮重はコカブ・カンランとも発芽後7~10日すでにアンモニア態窒素区が硝酸態窒素区より劣り、窒素施用濃度が高くなるほどその差は大きかった。ここに注目すべきことは硝酸態窒素区では30meになつて子葉にクロロシスを生ずる程度で外観の異常な個体は少なかったが、アンモニア態窒素区では著しく多かつたことである。子葉は最初緑色が濃いが、まもなく褪色、肥厚し、さらに外側にまいたり、よじれたりし、また葉縁が褐変し、斑点を生じ、本葉も発育を停止し、ついには枯死してしまう。コカブではアンモニア態窒素区でも10meまではこの異常株はそれほど多くなく、30meになつて急増したが、カンランでは3meですでに異常株がかなり多く、10me以上になると発芽株の大部分が異常で枯死

する株が多く、わずかの株がかろうじて生存する程度であつた。

なお幼苗葉中の硝酸態、アンモニア態窒素濃度を示すと第4表のようである。

硝酸態窒素区の葉中には $\text{NO}_3\text{-N}$ が著しく多く吸収、蓄積されているが、外観・生育に対して障害の少ないことは前述のとおりである。一方アンモニア態窒素区では葉中の $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度がそれほど高くなくても害作用の著しいことがわかる。

つぎに各窒素形態処理濃度とトマト・キュウリの発芽率、幼苗の地上部新鮮重を示したのが第6、7図である。

トマトにおいても、キュウリにおいても、 NaNO_3 区と NH_4NO_3 区の間では各処理濃度とも発芽率に差はみられなかったが、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 区では40me以上の高濃度になると発芽率が低下した。キュウリの $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 区では10me程度の濃度でも他窒素形態にくらべ発芽勢が劣った。地上部新鮮重はトマト、キュウリとも全

体的にみると $\text{NaNO}_3 > \text{NH}_4\text{NO}_3 > (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ の順位を示し、 NaNO_3 区では20me、 NH_4NO_3 区では10me、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 区では2meにそれぞれの区の最大値がみら

第4表 各窒素形態処理濃度とコカブ・カンラン
の葉中 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度(乾物あたり)

種類	処理濃度	NaNO_3		$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	
		$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NH}_4\text{-N}$	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NH}_4\text{-N}$
コカブ	3	2.238	0.036	0.009	0.226
	10	3.060	0.035	0.004	0.344
	30	3.127	0.033	0.002	1.405
カンラン	3	1.745	0.024	0.002	0.234
	10	2.072	0.026	0.002	0.515
	30	2.436	0.024	0	1.328

第6図 各窒素形態処理濃度とトマトの
発芽率・地上部新鮮重

第7図 各窒素形態処理濃度とキュウリの発芽率・地上部新鮮重

れ、それ以上の濃度になると低下の傾向があつた。両そ菜とも NaNO_3 区の子葉は正常な緑色であるが、処理濃度が高くなると葉色はやや濃くなり、80 me になると子葉の先端が褪色したり、褐変したりする株を生じた。 NH_4NO_3 区は各濃度とも葉色が濃い、特に 40 me 以上になると子葉は黒ずみ、子葉の先端・葉縁部に褐変乾燥部を生じた。 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 区も一般に葉色は濃い、トマトでは 20 me 以上になると鈍緑色の子葉を生じ、40 me では子葉の先端が枯れ込み、80 me では枯死株を生ずるようになった。キュウリでも 10 me になると子葉の葉縁に淡褐変部を生じ、20 me、特に 40 me になると子葉の内側にも淡褐変乾燥部を生じ、よじれたり、下内側に捲きこみ、80 me になると枯死株を生じた。

最後に各処理区の葉中の $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度を示すと第5、6表のようである。

第5表 各窒素形態処理濃度とトマト葉中の $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度（乾物あたり）

処理濃度	NaNO_3		NH_4NO_3		$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	
	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NH}_4\text{-N}$	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NH}_4\text{-N}$	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NH}_4\text{-N}$
me	%	%	%	%	%	%
2	0.943	0.032	0.389	0.049	0.116	0.043
5	1.398	0.028	0.870	0.040	0.095	0.056
10	1.894	0.029	1.672	0.044	0.080	0.095
20	2.286	0.022	1.787	0.052	0.078	0.240
40	2.934	0.024	1.639	0.114	0.036	0.659
80	4.862	0.028	1.576	0.190	0.074	1.900

第6表 各窒素形態処理濃度とキュウリ葉中の $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度（乾物あたり）

処理濃度	NaNO_3		NH_4NO_3		$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	
	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NH}_4\text{-N}$	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NH}_4\text{-N}$	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NH}_4\text{-N}$
me	%	%	%	%	%	%
2	0.135	0.036	0.039	0.051	0.019	0.090
5	0.808	0.022	0.305	0.073	0.018	0.089
10	1.806	0.021	0.994	0.077	0.009	0.155
20	2.455	0.015	1.664	0.121	0.007	0.194
40	3.173	0.016	1.696	0.148	0.006	0.275
80	4.060	0.024	1.641	0.204	0.006	0.697

両そ菜とも NaNO_3 区の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度は処理濃度の増加に伴って増加し、80 me では4%以上に達した。一方 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 区の $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度も絶対量は NaNO_3 区の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度には及ばないが、処理濃度と共に徐々に増加し、80 me ではトマトで1.9%、キュウリで0.7%に達した。 NH_4NO_3 区の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度は10~20 me までは増加するが、それ以上になってもほとんど増加せず1.6%前後の値を保つた。一方 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度は最後まで増加を続けた。

考 察

以上のようにコカブ・カンランではいずれの生育段階においてアンモニア態窒素を与えても生育全期間にわたり硝酸態窒素を与えた対照区にくらべ生育量が低下したが、特に発芽時ならびに発芽直後の幼苗期におけるアンモニア態窒素の害作用がもつとも著しかった。発芽率はアンモニア態窒素を与えても10~30 me の濃度範囲内では硝酸態窒素区にくらべ、コカブの場合のように低下しないものとカンランの場合のように低下するものがあり種類によつて異なつた。しかしながら共に、種々のタイプの異常株を発生し、枯死株も多かつた。トマト・キュウリの発芽率もアンモニア態窒素20 me までは硝酸態窒素区にくらべ劣らないが、40 me を越えると劣つた。発芽勢はキュウリではアンモニア態窒素10 me でも対照区より劣つた。高橋⁽¹²⁾もトマトで50~500 ppm の範囲内ではアンモニア態窒素区の発芽勢は硝酸態窒素区のそれより劣ることを認め、ALLRED ら⁽¹⁾もアンモニア態窒素がトウモロコシの発芽に害を及ぼすと述べている。発芽時からその直後にかけては植物体も小さく、種子ならびに幼苗中には有効炭水化物含量も少ないと思われる。一方アンモニア態窒素の吸収は生育初期の方がむしろさかんことが知られている^(10,11)。本実験においてもコカブ・カンランの幼苗期にアンモニア態窒素を与えた場合、葉中アンモニア態窒素濃度はかなり高い。トマト・キュウリの場合もアンモニア態窒素の施用濃度が高いと葉中

アンモニア態窒素濃度がかなり高くなった。アンモニア態窒素の吸収が多いと初めの中は体内の有効炭水化物を利用し、たん白質の合成もある程度進むが、まもなく有効炭水化物も少なくなる。その上アンモニア態窒素の吸収が続くと、遊離のアンモニア態窒素が蓄積し、生育に害作用を及ぼすと思われる⁽²⁾。本実験でもアンモニア態窒素 10 me 区ではカンランの方がコカブより葉中のアンモニア態窒素濃度が高く、被害程度と一致していた。

一方硝酸態窒素はアンモニア態窒素にくらべかなり多く蓄積しても生育障害を起こさず、本実験の場合、幼苗の葉中濃度が乾物あたり 2.5~3.0% 以上になつて初めて過剰の害を生じた。なおトマト・キュウリの例でわかるように NH_4NO_3 を与えると $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 区ほどアンモニア態窒素の蓄積が多くなく、その上硝酸態窒素が共存しているので、アンモニア態窒素の害作用が少なく、発芽率は NaNO_3 区と差がなく、苗の生育も $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 区よりもまさつたと思われる。

発芽ならびに幼苗期以後の生育段階では、作物体は幼苗期ほどアンモニア態窒素に対して弱くはないが、特に強い時期もなく、いずれの時期にアンモニア態窒素を与えても生育速度は停滞した。しかしながら 2 週間程度の処理では枯死することではなく、その後硝酸態窒素を与えれば生育速度は急速に回復した。したがって葉数が多く、葉部乾物率も高い生育後期にアンモニア態窒素の害作用を受けにくいということもみられなかつた。むしろ生育前期にアンモニア態窒素を与えた方が、その後硝酸態窒素を与え回復させることができるので、生育後期にアンモニア態窒素を与えた区より収穫時における生育量は大きであつた。ただしコカブの肥大根収量は収穫直前の 2 週間アンモニア態窒素を与えた区が対照区に次ぎ、窒素を切つた場合に類似した現象を示した⁽⁹⁾。なお BENNETT ら⁽³⁾もトウモロコシにおいて硝酸態窒素からアンモニア態窒素に切りかえると生育速度が低下し、逆の場合は増加することを認めた。

葉中窒素成分濃度をみると、いずれの時期にアンモニア態窒素を与えてもコカブ・カンランとも硝酸態窒素濃度が急減し、アンモニア態窒素ならびに可溶性有機態窒素濃度が増加した。アンモニア態窒素が与えられた場合、今まであつた硝酸態窒素はより高級な窒素化合物に同化されたか、または落葉中に含まれ、減少したと思われる。アンモニア態窒素が与えられると、作物体内にアンモニア態窒素ならびに可溶性有機態窒素濃度が増加することはトマト⁽⁵⁾、テンサイ⁽⁶⁾、タバコ^(13,14)でも認められている。またアンモニア態窒素が吸収されると、その解毒作用あるいは貯蔵形態としてアミドなどが増加する

ことが知られており⁽¹³⁾、さらに吸収が続くと遊離のアンモニア態窒素が蓄積し、また既存のたん白質などの分解によるアンモニア態窒素なども加わり、生育に害作用を及ぼすようになる。もちろんアンモニア態窒素も可溶性有機態窒素を経てたん白態窒素にまで同化され得るが、硝酸態窒素の場合ほど容易ではないようである。もつとも本実験の場合、不溶性窒素(大部分たん白態窒素)濃度が全窒素中に占める割合は両形態窒素間で差はみられなかつた。アンモニア態窒素区にふたび硝酸態窒素を与えると、既存のアンモニア態窒素は硝酸態窒素の増加に伴う体内条件の改善により、高級窒素化合物に同化されたか、または生育量増加によつて含有量が稀釈されたため、濃度が減少したものと思われる。

摘 要

コカブ(極早生金町)、カンラン(葉深)を 4 月中旬から 6 月中旬まで戸外で砂耕し、生育期間を 2 週間ずつの 4 期に分け、それぞれの期間にアンモニア態窒素を与え、全期間硝酸態窒素を与えた対照区の生育と比較し、生育段階とアンモニア態窒素の害作用程度との関係を明らかにしようとした。

は種時から発芽直後にかけての幼苗期にアンモニア態窒素を与えると外観の異常な株が多く発生し、枯死する株がかなりあり、害作用がいちじるしかつた。それ以後の生育段階でも幼苗期ほどではないが、いずれの時期にアンモニア態窒素を与えても生育は停滞した。しかしながら 2 週間程度の処理では枯死することではなく、その後硝酸態窒素を与えれば生育は急速に回復したが、対照区には及ばなかつた。

生育の各段階ともアンモニア態窒素を与えると葉中の硝酸態窒素濃度は急激に低下し、アンモニア態窒素ならびに可溶性有機態窒素濃度が増加した。これに硝酸態窒素を与えると生育回復に伴ない、葉中の硝酸態窒素濃度も急速に増加し、アンモニア態窒素濃度はかなり減少した。

トマト・キュウリの発芽時にアンモニア態窒素を与えても生育量は低下し、処理濃度が高いと発芽率も低く、外観の異常な株が多かつた。

参考文献

1. ALLRED, S. E. and A. J. OHLROGGE. 1964. Agron. J. 56: 309—313.
2. BARKER, A. V., R. J. VOLK, and W. A. JACKSON. 1966. Plant Physiol. 41: 1193—1199.
3. BENNETT, W. F., J. PESEK and J. J. HANWAY. 1964. Agron. J. 56: 342—345.
4. BURKHART, L. 1938. Plant Physiol. 13 (2): 265—293.

5. CLARK, H. E. 1936. *ibid.* 11 (1) : 5—24.
6. 原田登五郎・高木 浩. 1964. 土肥誌. 35 (5) : 181—186.
7. 岩田正利・谷内武信. 1953. 園学雑. 22 (3) : 183—192.
8. ————. 1958. 同誌. 27 (1) : 21—31.
9. ————. 歌田明子. 1968. 同誌. 37 (1) : 57—66.
10. NAPTEL, J. A. 1931. *J. Amer. Soc. Agron.* 23 (2) : 142—158.
11. STAHL, A. L. and J. W. SHIVE. 1933. *Soil. Sci.* 35 : 469—484.
12. 高橋和彦. 1964. 園学雑. 33 (4) : 335—344.
13. 高橋達郎・吉田大輔. 1958. 土肥誌. 29 (5) : 200—204.
14. VICKERY, H. B., G. W. PUCKER, A. J. WAKEMAN and C. S. LEAVENWORTH. 1940. *Conn. Agr. Exp. Sta. Bull.* 442. 1940.
15. VIET, F. G. JR., A. L. MOXON and E. I. WHITEHEAD. 1941. *Plant Physiol.* 21 (3) : 271—289.