

タアサイ葉中の硝酸イオン濃度に影響を及ぼす2、3の要因

吉田 俊郎・井上 満・川城 英夫

キーワード：タアサイ、葉菜類、野菜、硝酸、窒素

I 緒 言

タアサイ (*Brassica campestris L. narinosa group*) など葉菜類中には、硝酸イオンが大量に含まれている場合があり、その低減化が求められている。硝酸は植物にとって必須の栄養素であるが、五訂増補日本食品標準成分表に硝酸イオンの記述が加わったことなど、食品、特に野菜類から摂取する硝酸に対する懸念が強まった(香川、2003; 落合、2004)。孫・米山(1996)は、硝酸イオン摂取量の80%以上が野菜由来であると報告している。

野菜類は、土壤中から主に硝酸態窒素の形で窒素を吸収し、アンモニアに還元した後、タンパク質などに同化する。たとえ硝酸態窒素を含まない窒素肥料を施用したとしても、土壤中での硝酸化成作用により速やかに硝酸イオンが生成される。水耕栽培では、収穫前の短期間、培養液を水道水に置き換えてホウレンソウを栽培すると硝酸イオン濃度が低減した(今西、1990)との報告があるように、葉菜類中の硝酸イオン濃度を比較的容易に低減させられる。一方、土壤中では有機態窒素の無機化、溶脱、脱窒に微生物、温度や水分などが複雑に関与しており、その調整や予測は難しい。建部ら(1996)は、緩効性肥料を用いた条施肥が植物体中の硝酸イオン低減に有効であること、中本ら(1998)は、ホウレンソウ栽培における遮光が硝酸イオン濃度を上昇させることを報告した。硝酸還元酵素(NR)活性は、光環境の影響を大きく受けることが知られている(壇ら、2005)。有田(1983)は、多くの葉菜類では硝酸イオン濃度が生育初期から収穫適期にかけて増加し、のちに減少すること、葉身部より葉柄部で、しかも株の外側の葉ほど濃度が高くなることを示した。

著者らは、野菜類のなかでも硝酸イオン濃度が高いと

され、五訂増補日本食品標準成分表中でも最も高い数値が記されたタアサイを供試材料に選んだ。

試験ではタアサイの葉中硝酸イオン濃度の個体差をなくすることが重要であり、このためには生育を斉一とし、光環境など栽培条件を均一とすることが必須と考え、セル育苗による移植栽培を基本とした。セル育苗には施設や資材と労働時間が費やされるので、株単価を高める必要があると考え、間引き収穫し、栽植密度を低くすることで収量を確保しようとした。なお、タアサイの出荷規格は2kg入りダンボールに最小が20株、最大は8株としているが、実際には市場などの要望により500g以上の大株を出荷することもある。

葉中の硝酸イオンを減少させる第一の方法としては減肥栽培が挙げられる。しかし、通常の野菜畑では堆肥など有機物を長期に連用しており、このような肥沃化圃場では減肥の効果がないことが予想される。また、窒素の無機化量は地温に依存することが知られている。そこで、圃場の肥沃度別、栽培時期別に本圃施肥の有無が葉中の硝酸イオン濃度に及ぼす影響を検討した。また、多くの地力窒素が無機化と思われる夏期栽培では、少量の窒素肥料をベッド内に施用し、生育初期に十分な窒素吸収をさせ、収穫期には土壤中窒素の消失によりタアサイの窒素吸収を制限するベッド内施肥の効果を検討した。

次いで間引き収穫による栽植密度の違いがタアサイの葉中硝酸イオン濃度に及ぼす影響を検討した。また、マルチ資材を反射板として利用し、簡便に光条件を改善することが葉中硝酸イオン濃度に及ぼす影響を検討した。

これらの結果からタアサイ葉中の硝酸イオンを低減する要因がいくつか明らかとなったので報告する。

なお、本研究は先端技術を活用した農林水産研究高度化事業「野菜における硝酸塩蓄積機構の解明と低減下技術の開発」の一部として実施したものである。さらに、本研究の実施に当たっては、硝酸イオン分析には当研究センター土壌環境研究室の斉藤研二主席研究員に多大なるご協力を頂いた。ここに記して謝意を表する。

2005年10月17日受理

本報告の一部は園芸学会平成15年度秋季大会(2003年9月山口県)、園芸学会平成16年度秋季大会(2004年9月静岡県)及び園芸学会平成17年度秋季大会(2005年10月宮城県)において発表した。

II 材料及び方法

試験は、2003年7月から2005年1月にかけて、千葉県農業総合研究センター北総園芸研究所東総野菜研究室圃場（淡色黒ボク土）において実施した。

タアサイは、「緑彩2号」（サカタのタネ）を供試した。セル育苗には角穴型プラスチック製セルトレイ128号、または200号を用い、培養土「与作N-8」（以下、培養土とする）を充填した。培養土には試験によって一定量のマイクロロング201、40日タイプ（N:P2O5:K2O=10:13:10）を混和した（以下、セル内施肥、培養土1リットルに混和したマイクロロングのグラム数での表示とする）。育苗場所は間口7.2mのガラス室内のベンチ上とした。

試験1、試験2、試験3では露地圃場を用い、定植時から1回目の収穫調査時までトンネル状に透明防虫網を張り、試験4では間口10m、奥行き40mの鉄骨ハウス、試験5では間口5.4m、奥行き40mのパイプハウスを用いた。定植場所に幅140cmのベッドを作り、夏期の試験は無マルチ栽培、冬期の試験は厚さ0.03mmの透明ポリエチレンフィルム（穴径43mm）を張ったマルチ栽培とした。特記のない限り、定植時には株間30cm、条間20cmのベッド内7条千鳥植えとし、定植後1回目の収穫調査時に間引き収穫を行い、条間を40cmとしベッド内4条植えとした。

いずれの試験でも、周囲の株同士の葉が重なり合うところを収穫適期とした。収穫時の生育調査では4～8株について、萎れたり黄化した外側の葉を数枚除去し、調製重を測定した。葉中硝酸イオンの分析サンプルは、1区2～8株を採取し、直ちに調製物を葉身部と葉柄部に分けて新鮮重を測定し、通風乾燥（90℃ 2時間-70℃ 24時間）後に乾物重を測定し、粉碎した。分析は、サンプル500mgを200mlの水で抽出後にろ液を10倍に希釈し、フローインジェクション法で行った（竹迫、1991）。土壌中硝酸態窒素含有率の分析サンプルは、深さ30cmの土壌を採取し、冷暗所で風乾した。分析は、サンプル20gを100mlの水で抽出後に、フローインジェクション法で行った。

試験1. 低地力圃場における栽培時期及び本圃への施肥の有無とタアサイの生育、葉中硝酸イオン濃度との関係

試験区は、夏期と冬期に実施し、それぞれ本圃施肥の有無を組合せた4試験区とし、夏期施肥区（夏期栽培、本圃施肥）、夏期無施肥区（夏期栽培、本圃施肥なし）、

冬期施肥区（冬期栽培、本圃施肥）、冬期無施肥区（冬期栽培、本圃施肥なし）を設けた。1区70株、4反復で構成した。

試験圃場には、10年以上堆肥類を投入していない淡色黒ボク土（全窒素0.2～0.3%、可給態窒素1～2mg/乾土100g）を供試し、本圃への施肥としてはダブルパワーS030（N:P2O5:K2O=10:13:10）を10a当たり120kg施用した。両栽培時期ともセル育苗とし、128号セルトレイを用いセル内施肥2gとした。夏期栽培は、2003年7月10日にタアサイを播種し、7月29日に定植した。8月13日及び26日に収穫調査を行い、同時に硝酸イオンを分析した。冬期栽培は9月25日に播種し、10月17日に定植した。11月17日及び12月9日に収穫調査し、硝酸イオンを分析した。

試験2. 高地力圃場における栽培時期及び本圃への施肥の有無とタアサイの生育、葉中硝酸イオン濃度との関係

試験区及び反復は、試験1と同様に設定した。

試験圃場には、2年ごとに牛ふん堆肥を10a当たり5t投入した淡色黒ボク土（全窒素0.3～0.4%、可給態窒素4～6mg/乾土100g）を供試した。夏期栽培は2004年8月2日にタアサイを播種し、8月18日に定植した。9月10日及び17日に収穫調査を行い、同時に硝酸イオンを分析した。冬期栽培は10月1日に播種し、10月18日に定植した。11月23日及び12月12日に収穫調査し、硝酸イオンを分析した。

試験3. 施肥方法とタアサイの生育、葉中硝酸イオン濃度との関係

試験区は、全面12kg区（全面施肥、ベッド幅150cm、通路幅100cm、1ベッド当たり幅250cm）、ベッド内3kg区（ベッド内施肥、施肥幅125cm）、無施肥区の3区を設定し、1区84株、4反復で実施した。本圃への施肥にはダブルパワーS030を用いた。

試験圃場には、試験2と同様の淡色黒ボク土圃場を用いた。2004年7月1日にセル内施肥2gとした培養土を充填した128穴セルトレイにタアサイを播種し、7月20日に定植した。8月16日に一斉収穫し、生育調査及び硝酸イオンの分析を行った。

試験4. 栽植密度とタアサイの生育、葉中硝酸イオン濃度との関係

試験区は、疎植・間引き区（60cm×40cm）、密植・間引き区（30cm×40cm）、疎植区（30cm×20cm）、密植区（15cm×20cm）の4区とし、1区56株、4反復で構成

した。ただし、定植時には疎植区及び密植区の2区とし、疎植・間引き区及び密植・間引き区は12月25日の間引き収穫により、条間及び株間を倍に広げた。

2002年10月15日にセル内施肥3gとした培養土を充填した200穴セルトレイにタアサイを播種し、11月8日に定植した。本圃へは、ダブルパワー S030を10a当たり100kg施肥した。収穫調査及び硝酸イオンの分析は、12月12日及び30日に行った。

試験5. 光条件とタアサイの生育、葉中硝酸イオン濃度との関係

試験区は、反射区、遮光区及び無処理区の3区を設定し、1区70株、4反復とした。反射区は白黒マルチ（ミカール；みかど化工、反射率65%）を1月7日9時から1月16日まで栽培位置北側の東西方向に高さ210cmの反射板として垂直に立てることにより反射光が当たる部分、遮光区は反射板設置により生じた影の部分、無処理区は反射板による影響のない部分とした。

2003年11月6日に、セル内施肥3gとした培養土を充填した200穴セルトレイにタアサイを播種し、11月26日に定植した。1月7日及び16日に収穫し、調製重及び部位別の硝酸イオン濃度を測定した。また、処理期間中の光合成光量子束密度を小糸工業株式会社製IKS-27で測定した。

III 結 果

試験1. 低地力圃場における栽培時期及び本圃への施肥の有無とタアサイの生育、葉中硝酸イオン濃度との関係

収穫前期における生育を第1表に示した。周囲の株同士の葉が重なり合う頃を収穫前期としたところ、夏期栽培では定植15日後、冬期栽培では31日後の収穫となった。

葉長は夏期無施肥区が夏期施肥区の74%、冬期無施肥区も冬期施肥区の74%と劣った。株張りは夏期無施肥区が夏期施肥区の78%、冬期無施肥区も冬期施肥区の91%と狭かった。葉長を株張りの半径で除した数値が大きいほど草姿が立性であることを示すが、その値は夏期無施肥区より夏期施肥区が、冬期無施肥区より冬期施肥区が高かった。葉色は夏期施肥区が夏期無施肥区より濃かった。調製重は夏期無施肥区が夏期施肥区の41%、冬期無施肥区も冬期施肥区の34%と劣った。

収穫前期の乾物率、葉中硝酸イオン濃度を第2表に示した。地上部の乾物率は、夏期無施肥区が夏期施肥区より高く、冬期無施肥区が冬期施肥区より高かった。葉中硝酸イオン濃度は、夏期無施肥区が夏期施肥区の53%に低減し、冬期無施肥区が冬期施肥区の38%（葉身部54%、葉柄部29%）に低減した。

間引き収穫後、夏期栽培では13日後、冬期栽培では22日後に2回目の収穫を行った。収穫後期の生育を第3表に示した。葉長は夏期無施肥区が夏期施肥区の72%、冬期無施肥区が冬期施肥区の73%と劣った。株張りは夏期施肥区と夏期無施肥区に差がなかったが、冬期無施肥区は冬期施肥区の81%と狭かった。草姿は夏期無施肥区より夏期施肥区が立性であったが、冬期無施肥区と冬期施肥区はともに伏性で、その差は小さかった。調製重は夏期無施肥区が夏期施肥区の48%、冬期無施肥区も冬期施肥区の34%と劣った。

収穫後期の乾物率、葉中硝酸イオン濃度を第4表に示した。乾物率は夏期施肥区より夏期無施肥区が、冬期施肥区より冬期無施肥区が高かった。葉中硝酸イオン濃度は、地上部で夏期無施肥区が夏期施肥区の14%（葉身部6%、葉柄部17%）に激減した。冬期栽培では冬期施肥区の硝酸イオン濃度も低く、冬期施肥有区より冬期無施肥区が低くなる傾向があったものの有意な差ではなかった。

第1表 低地力圃場でのタアサイ栽培における本圃施肥の有無と収穫前期の生育

試験区	葉長 (cm)	左比 (%)	株張り (cm)	左比 (%)	草姿	葉色 (spad値)	調製重 (g/株)	左比 (%)
夏期 施肥有	19.4	100	29.1	100	133	53	127	100
夏期 施肥無	14.3	74	22.7	78	126	46	52	41
t 検定	***	—	***	—	—	***	***	—
冬期 施肥有	23.5	100	31.8	100	148	—	191	100
冬期 施肥無	17.3	74	28.9	91	120	—	65	34
t 検定	***	—	**	—	—	—	***	—

注1) 供試圃場は、10年以上堆肥類を投入していない淡色黒ボク土。

2) 夏期は2003年7月10日播種、7月29日定植、8月13日調査。

3) 冬期は2003年9月25日播種、10月17日定植、11月17日調査。

4) 草姿は葉長/株張り×2×100。

5) t検定の***は0.5%、**は1%の水準で有意差あり。

第2表 低地力圃場でのタアサイ栽培における本圃施肥の有無と収穫前期の乾物率、葉中硝酸イオン濃度

試験区	地上部 乾物率 (%)	硝酸イオン濃度					
		葉身部 (ppm)	左比 (%)	葉柄部 (ppm)	左比 (%)	地上部 (ppm)	左比 (%)
夏期 施肥有	5.6	—	—	—	—	4,600	100
夏期 施肥無	6.0	—	—	—	—	2,420	53
t 検定	*	—	—	—	—	***	—
冬期 施肥有	5.7	5,240	100	7,290	100	6,440	100
冬期 施肥無	8.2	2,850	54	2,090	29	2,450	38
t 検定	***	*	—	***	—	***	—

- 注1) 供試圃場は、10年以上堆肥類を投入していない淡色黒ボク土。
 2) 夏期は2003年7月10日播種、7月29日定植、8月13日調査。
 3) 冬期は2003年9月25日播種、10月17日定植、11月17日調査。
 4) 草姿は葉長/株張り×2×100。
 5) t検定の***は0.5%、**は5%水準で有意差あり。

第3表 低地力圃場でのタアサイ栽培における本圃施肥の有無と収穫後期の生育

試験区	葉長 (cm)	左比 (%)	株張り (cm)	左比 (%)	草姿	調製重 (g/株)	左比 (%)
夏期 施肥有	28.8	100	31.1	100	185	302	100
夏期 施肥無	20.6	72	30.1	97	137	144	48
t 検定	***	—	NS	—	—	***	—
冬期 施肥有	23.9	100	43.1	100	111	472	100
冬期 施肥無	17.5	73	34.8	81	101	159	34
t 検定	***	—	***	—	—	***	—

- 注1) 供試圃場は、10年以上堆肥類を投入していない淡色黒ボク土。
 2) 夏期は2003年7月10日播種、7月29日定植、8月26日調査。
 3) 冬期は2003年9月25日播種、10月17日定植、12月9日調査。
 4) 草姿は葉長/株張り×2×100。
 5) t検定の***は0.5%水準で有意差あり、NSは有意差なし。

第4表 低地力圃場でのタアサイ栽培における本圃施肥の有無と収穫後期の乾物率、葉中硝酸イオン濃度

試験区	乾物率		硝酸イオン濃度					
	葉身部 (%)	葉柄部 (%)	葉身部 (ppm)	左比 (%)	葉柄部 (ppm)	左比 (%)	地上部 (ppm)	左比 (%)
夏期 施肥有	8.0	4.7	3,250	100	6,510	100	5,290	100
夏期 施肥無	9.9	5.5	180	6	1,110	17	730	14
t 検定	**	**	***	—	***	—	***	—
冬期 施肥有	8.8	4.2	12	100	2,410	100	1,550	100
冬期 施肥無	10.5	5.5	8	67	440	18	250	16
t 検定	*	*	NS	—	NS	—	NS	—

- 注1) 供試圃場は、10年以上堆肥類を投入していない淡色黒ボク土。
 2) 夏期は2003年7月10日播種、7月29日定植、8月26日調査。
 3) 冬期は2003年9月25日播種、10月17日定植、12月9日調査。
 4) 草姿は葉長/株張り×2×100。
 5) t検定の***は0.5%、**は1%、*は5%水準で有意差あり、NSは有意差なし。

試験2. 高地力圃場における栽培時期及び本圃への施肥の有無とタアサイの生育、葉中硝酸イオン濃度との関係

収穫前期における生育第5表に示した。夏期栽培では定植23日後、冬期栽培では26日後の調査となった。葉長は夏期施肥区と夏期無施肥区に差がなく、冬期無施肥区

が冬期施肥区の75%と短かった。株張りも夏期施肥区と夏期無施肥区に差がなく、冬期無施肥区が冬期施肥区の89%と狭かった。草姿は夏期無施肥区より夏期施肥区が、冬期無施肥区より冬期施肥区が立性であった。調製重は夏期無施肥区が夏期施肥区の81%、冬期無施肥区が冬期施肥区の40%と劣った。

収穫前期の乾物率、葉中硝酸イオン濃度を第6表に示した。乾物率は夏期施肥区と夏期無施肥区に差がなかったが、葉身部及び葉柄部とも冬期無施肥区が冬期施肥区より高かった。葉中硝酸イオン濃度は、夏期無施肥区が夏期施肥区の84%（葉身部76%、葉柄部90%）に低減し、冬期無施肥区が冬期施肥区の60%（葉身部40%、葉柄部76%）に低減した。

間引き後、夏期栽培では7日後、冬期栽培では19日後

に2回目の調査を行った。収穫後期の生育を第7表に示した。葉長は夏期施肥区と夏期無施肥区がほぼ同程度であったが、冬期無施肥区が冬期施肥区の80%と劣った。株張りは夏期施肥区と夏期無施肥区に差がなかったが、冬期無施肥区が冬期施肥区の84%と狭かった。草姿は夏期無施肥区と夏期施肥区はともに立性で差がなく、冬期無施肥区と冬期施肥区はともに伏性であり差が小さかった。調製重は夏期無施肥区が夏期施肥区の88%、冬期無

第5表 高地力圃場でのタアサイ栽培における本圃施肥の有無と収穫前期の生育

試験区	葉長 (cm)	左比 (%)	株張り (cm)	左比 (%)	草姿	調製重 (g/株)	左比 (%)
夏期 施肥有	24.6	100	28.8	100	171	171	100
夏期 施肥無	24.0	98	29.1	101	165	139	81
t 検定	NS	—	NS	—	—	NS	—
冬期 施肥有	23.5	100	32.1	100	146	175	100
冬期 施肥無	17.7	75	28.7	89	123	70	40
t 検定	**	—	**	—	—	***	—

- 注1) 供試圃場は、2年ごとに牛ふん堆肥を10a当たり5t投入した淡色黒ボク土。
 2) 夏期は2004年8月2日播種、8月18日定植、9月10日調査。
 3) 冬期は2004年10月1日播種、10月18日定植、11月23日調査。
 4) 草姿は葉長/株張り×2×100。
 5) t検定の***は0.5%、**は1%水準で有意差あり、NSは有意差なし。

第6表 高地力圃場でのタアサイ栽培における本圃施肥の有無と収穫前期の乾物率、葉中硝酸イオン濃度

試験区	乾物率		硝酸イオン濃度					
	葉身部 (%)	葉柄部 (%)	葉身部 (ppm)	左比 (%)	葉柄部 (ppm)	左比 (%)	地上部 (ppm)	左比 (%)
夏期 施肥有	9.4	4.5	3,970	100	6,100	100	5,240	100
夏期 施肥無	9.9	4.7	3,020	76	5,490	90	4,420	84
t 検定	NS	NS	**	—	*	—	**	—
冬期 施肥有	8.3	4.2	4,850	100	7,140	100	6,180	100
冬期 施肥無	10.1	5.3	1,940	40	5,410	76	3,680	60
t 検定	***	***	**	—	*	—	**	—

- 注1) 供試圃場は、2年ごとに牛ふん堆肥を10a当たり5t投入した淡色黒ボク土。
 2) 夏期は2004年8月2日播種、8月18日定植、9月10日調査。
 3) 冬期は2004年10月1日播種、10月18日定植、11月23日調査。
 4) 草姿は葉長/株張り×2×100。
 5) t検定の***は0.5%、**は1%、*は5%水準で有意差あり、NSは有意差なし。

第7表 高地力圃場でのタアサイ栽培における本圃施肥の有無と収穫後期の生育

試験区	葉長 (cm)	左比 (%)	株張り (cm)	左比 (%)	草姿	調製重 (g/株)	左比 (%)
夏期 施肥有	29.2	100	30.1	100	194	336	100
夏期 施肥無	28.2	96	30.0	100	188	294	88
t 検定	NS	—	NS	—	—	NS	—
冬期 施肥有	24.1	100	45.1	100	146	465	100
冬期 施肥無	19.2	80	38.0	84	123	249	54
t 検定	***	—	***	—	—	***	—

- 注1) 供試圃場は、2年ごとに牛ふん堆肥を10a当たり5t投入した淡色黒ボク土。
 2) 夏期は2004年8月2日播種、8月18日定植、9月17日調査。
 3) 冬期は2004年10月1日播種、10月18日定植、12月12日調査。
 4) 草姿は葉長/株張り×2×100。
 5) t検定の***は0.5%水準で有意差あり、NSは有意差なし。

第8表 高地力圃場でのタアサイ栽培における本圃施肥の有無と収穫後期の乾物率、葉中硝酸イオン濃度

試験区	乾物率		硝酸イオン濃度					
	葉身部 (%)	葉柄部 (%)	葉身部 (ppm)	左比 (%)	葉柄部 (ppm)	左比 (%)	地上部 (ppm)	左比 (%)
夏期 施肥有	8.5	4.2	3,950	100	5,860	100	5,200	100
夏期 施肥無	8.8	4.5	2,830	72	4,950	84	4,170	80
t 検定	NS	NS	***	—	***	—	***	—
冬期 施肥有	9.9	5.0	3,680	100	6,860	100	5,550	100
冬期 施肥無	10.9	5.9	1,630	44	4,590	67	3,210	58
t 検定	*	**	***	—	***	—	***	—

注1) 供試圃場は、2年ごとに牛ふん堆肥を10a当たり5t投入した淡色黒ボク土。

2) 夏期は2004年8月2日播種、8月18日定植、9月17日調査。

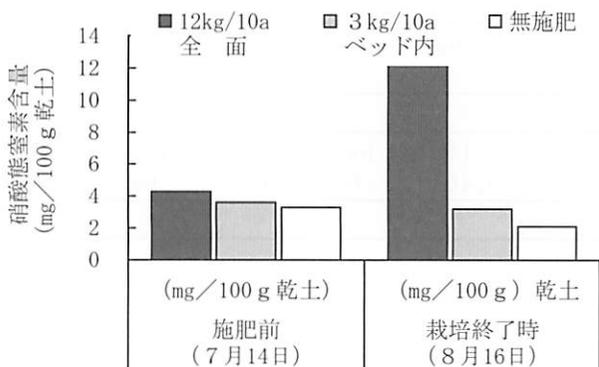
3) 冬期は2004年10月1日播種、10月18日定植、12月12日調査。

4) 草姿は葉長/株張り×2×100。

5) t検定の***は0.5%、**は1%、*は5%水準で有意差あり、NSは有意差なし。

施肥区も冬期施肥区の54%と劣った。

収穫後期の乾物率、葉中硝酸イオン濃度を第8表に示した。乾物率は葉身部及び葉柄部とも夏期施肥区と夏期無施肥区に差がなかったが、冬期無施肥区が冬期施肥区より高かった。葉中硝酸イオン濃度は、夏期無施肥区が夏期施肥区の80% (葉身部72%、葉柄部84%) に低減した。また、冬期無施肥区が冬期施肥区の58% (葉身部44%、葉柄部67%) に低減した。



第1図 タアサイ栽培での施肥方法と施肥前及び栽培終了時の土壤中硝酸態窒素含有量

注) 2004年7月1日播種、7月21日定植、8月16日収穫。
土壌はベッド中央部の深さ0~30cmを採取。

試験3. 施肥方法とタアサイの生育、葉中硝酸イオン濃度との関係

施肥方法とタアサイの初期生育を第9表に示した。定植15日後の葉長は、12kg全面区と3kgベッド内区が同等であり、0kg区が短かった。葉幅及び株張りも同様の傾向であったが、葉色には処理区間の差がなかった。

収穫期の生育、葉中硝酸イオン濃度を第10表に示した。収穫期の葉長及び株張りには処理区間の差がなかった。調製重は12kg全面区及び3kgベッド内区が同等であり、葉色は12kg全面区及び3kgベッド内区が同等に濃かった。乾物率には葉身部及び葉柄部とも処理区間の差がなかった。収穫期の葉中硝酸イオン濃度は、3kgベッド内区が12kg全面区の82% (葉身部85%、葉柄部80%) に低減し、0kg区と同等であった。

施肥前及び栽培終了時の土壤中硝酸態窒素含有率を第1図に示した。収穫時の土壤中硝酸態窒素含有量は、3kgベッド内区及び0kg区が同等に低く、施肥前と変わらなかったが、12kg全面区では施肥前の約3倍量が残存していた。

試験4. 栽植密度とタアサイの生育、葉中硝酸イオン濃度との関係

栽植密度を異にしたタアサイの収穫前期の生育、乾物

第9表 タアサイの施肥方法と初期成育

試験区		葉長 (cm)	葉幅 (cm)	株張り (cm)	葉色 (SPAD)
施用量 (kg/10a)	施肥場所				
12	全面	16.8 a	8.4 a	24.0 a	55 a
3	ベッド内	16.1 a	8.1 a	23.1 a	56 a
0	—	14.6 b	7.3 a	20.6 b	55 a

注1) 2004年7月1日播種 (セル内施肥2g)、7月21日定植、8月5日調査。

2) 同一列の異なるアルファベットは、Ryanの多重検定で5%水準の有意差あり。

率と葉中硝酸イオン濃度を第11表に示した。莖葉によりマルチ面が概ね覆われた12月12日の収穫調査時の葉長は、栽植密度の影響を受けていなかったが、株張りは密植区より疎植区が広がった。また、密植区は疎植区より立性の草姿を示した。疎植区は密植区より調製重が大きく、乾物率が高く、硝酸イオン濃度が低かった。

栽植密度を異にしたタアサイの収穫後期の生育、乾物率と葉中硝酸イオン濃度を第12表に示した。間引き収穫して5日後の12月30日における葉長は、栽植密度が異なっても変わらなかった。しかし、間引きを行った区では株が開帳し、株張りは密植・間引き区及び疎植・間引き区が大きく、次に疎植・無間引き区が大きかった。調製重は疎植・間引き区及び疎植+無間引き区が密植・間引き区及び密植・無間引き区より大きかったが、間引き収穫の有無による影響は認められなかった。一方、乾物率は、疎植・間引き区及び密植+間引き区が疎植・無間引き区及び密植・無間引き区より高かった。葉中硝酸イオ

ン濃度は、疎植・間引き区及び密植+間引き区が疎植・無間引き区及び密植・無間引き区より葉身部で72~73%、葉柄部で94~95%に低下した。

試験5. 光条件とタアサイの生育、葉中硝酸イオン濃度との関係

処理期間中の光量子束密度の推移を第2図に示した。光量子束密度の平均は、無処理区に対して反射区が60%増、遮光区が50%減であった。

処理開始時及び処理開始9日後の調製重及び葉中硝酸イオン濃度を第13表に示した。9日間の処理期間中に、調製重は無処理区より反射区が優り、遮光区が劣った。1月16日に調査した反射区の葉中硝酸イオン濃度は、無処理区より葉身部で88%に、葉柄部で94%に低減し、遮光区の葉中硝酸イオン濃度は、葉身部で133%に、葉柄部で102%になった。

第11表 栽植密度を異にしたタアサイ栽培での収穫前期の生育と葉中硝酸イオン濃度

試験区	葉長 (cm)	株張り (cm)	草姿	調製重 (g/株)	乾物率 (%)	硝酸イオン濃度 (ppm)
疎植	19	32	119	70	7.1	6,660
密植	20	24	167	59	6.3	7,000
t検定	NS	**	—	*	**	*

注1) 試験区は、疎植区(定植時より30cm×20cm)、密植区(定植時より15cm×20cm)。

2) 2003年10月15日播種(セル育苗)、11月8日定植、12月12日調査。

3) 草姿は葉長/株張り×2×100。

4) (検定の**は1%、*は5%水準で有意差あり、NSは有意差なし)。

第12表 栽植密度を異にしたタアサイ栽培での収穫後期の生育と葉中硝酸イオン濃度

試験区	葉長 (cm)	株張り (cm)	草姿	調製重 (g/株)	乾物率 (%)		硝酸イオン濃度 (ppm)	
					葉身部	葉柄部	葉身部	葉柄部
疎植+間引き	20 a	38 b	106	193 a	11.0 a	5.7 a	3,640 b	7,730 b
密植+間引き	21 a	40 a	107	145 b	11.2 a	5.4 a	3,850 b	7,790 b
疎植+無間引き	22 a	32 c	141	193 a	9.8 b	4.9 b	4,990 a	8,140 a
密植+無間引き	21 a	25 d	169	140 b	9.2 b	4.9 b	5,340 a	8,250 a

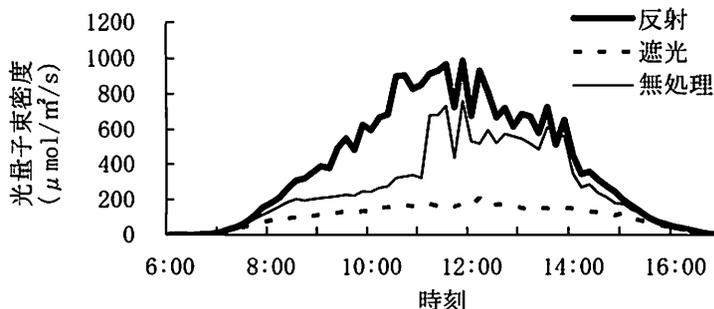
注1) 試験区は、疎植区+間引き(定植時より30cm×20cm、12月25日より60cm×40cm)、

密植+間引き(定植時より15cm×20cm、12月25日より30cm×40cm)、疎植+無間引き(定植時より30cm×20cm)、密植+間引き(定植時より15cm×20cm)。

2) 2003年10月15日播種(セル育苗)、11月8日定植(透明マルチ)、12月30日調査。

3) 草姿は葉長/株張り×2×100。

4) 同一列の異なるアルファベットは、Ryanの多重検定で5%水準の有意差あり。



第2図 タアサイ栽培での反射マルチによる光条件による日推移
1月7日~16日までの平均値;IKS-27(小糸工業株式会社)にて測定

第13表 反射マルチによる光条件の違いとタアサイの生育、硝酸イオン濃度

試験区	1月7日調査			1月16日調査		
	調製重 (g/株)	硝酸イオン濃度 (ppm)		調製重 (g/株)	硝酸イオン濃度 (ppm)	
		葉身	葉柄		葉身	葉柄
反射	85 a	3,850 a	6,780 a	144 a	3,120 c	6,670 b
遮光	87 a	4,220 a	6,800 a	115 b	4,720 a	7,230 a
無処理	85 a	4,030 a	6,820 a	138 a	3,560 b	7,080 a

- 注1) 試験区は、1月7日9時に白黒マルチ(反射率65%)を栽培位置の北側東西方面に垂直に立てることにより反射区(反射光の当たる部分)、遮光区(陰の部分)及び無処理区を設定、タアサイの採取は各日14時。
 2) 11月5日播種、11月26日定植、ベッド幅140cm、株間30cm、条間20cm。
 3) 同一列の異なるアルファベットは、Ryanの多重検定で5%水準の有意差あり。

IV 考 察

試験1と試験2の結果より、セル内施肥をして本圃は無施肥とすると、タアサイ葉中の硝酸イオン濃度が低減した。その低減率は、土壌からの窒素無機化量が少ない低地力圃場で高かった。

藤原ら(2005)は、ほぼ全国を産地とする市販ホウレンソウ127点を分析し、硝酸イオン濃度は7~9月に高く、1~3月に低い傾向が認められたと報告している。土壌中の窒素の無機化は地温に依存し、地温が高い時期を経過する作型ほど窒素を吸収できた結果と思われる。目黒ら(1991)と建部ら(1995)は、窒素施用量を増やすとホウレンソウの硝酸イオン濃度が高くなるため、収量を落とさない範囲で窒素施用量を減らすことが必要であるとした。栽培期間を延長して茎葉が大きくなっても商品価値が損なわれないタアサイでは、栽培期間を延長することによって体内の硝酸イオンを同化し、硝酸イオンを低減させることができるものと考えられる。このため、肥沃な土壌や夏期栽培の場合、圃場に窒素肥料を施用しなくとも栽培が可能であり、肥沃度の低い圃場や冬期栽培でも栽培期間を延長することにより十分な収量を得ることができる。

これまでの施肥技術は、最短期間で最大収量を得るために必要な肥料を施用する方法であり、在圃期間の延長や減収を嫌うあまり、実際には施肥量は適正量より増大する傾向があった。一般の野菜畑では、堆肥の連用や野菜を栽培すること自体が土壌の肥沃化を増す要因となっており(吉田ら、2003)、施肥基準の見直しも行われた(千葉県、2003)。実際栽培では、標準施肥か無施肥かの2者択一ではなく、前作の生育状況や土壌診断結果などから推定される残存窒素量に応じて施肥量が決定されるべきであろう。

また、収穫期の窒素吸収が抑制される施肥法として、定植位置周辺に施肥する局所施肥が考えられる。試験3

では、ベッド内施肥することにより標準の4分の1の施肥量でも標準と同程度の収量を確保でき、タアサイ葉中の硝酸イオン濃度を標準の80%程度に低減できることが示された。ここでは、ベッド内に施用された肥料成分が比較的早期に吸収されたため、タアサイは標準施肥と同等の生育を遂げた一方、土壌中の硝酸態窒素は無施肥と同等となった。また、ベッド内施肥により、収穫時の葉中硝酸イオン濃度は無施肥と同等となった。一方、標準的な全面施肥では、タアサイは収穫時まで土壌中の硝酸態窒素を吸収するため、葉中の硝酸イオン濃度が高まるものと思われた。

王子ら(1984)は、低硝酸イオン野菜生産のためには硝酸化成作用の抑制が必要であるとし、建部ら(1999)は硝酸イオン濃度を低減し収量を確保するためには施用する窒素の形態を検討する必要があるとした。しかし、土壌が肥沃で、地温が高く、多量の窒素が栽培期間中に無機化してくるような圃場や栽培時期では、収穫時期まで窒素が吸収されるため、低硝酸イオン化栽培は困難である。建部ら(1999)は、ホウレンソウやコマツナでは基肥を一定量以上施用したり追肥を行うと硝酸イオン濃度が増大した、と報告している。窒素投入量を減じ、収穫期に土壌中の無機態窒素がなくなるような局所施肥技術により硝酸イオンの低減化が可能であると思われる。

試験4のように、タアサイは疎植にすると密植より伏性となり、調製重が大きく、乾物率が高く、硝酸イオン濃度が低くなった。また、間引き収穫して5日後の葉中硝酸イオン濃度は、葉身部及び葉柄部とも栽植密度が低い区ほど低い傾向があった。

本来、低温期のタアサイは伏性であるが、栽植密度が高い区では、周囲の株の葉同士が競合しあって立性となった。そして、間引きにより速やかに株が開帳し、光を受けられる伏性となると、わずか5日間でも葉中硝酸イオン濃度が低減した。一方、疎植区では主に光条件が良好であったため調製重が大きく、乾物率が高くなったものと思われた。光強度が増す条件は硝酸イオン濃度を低

減させるので、いつ頃、どの程度の株の大きさで収穫するかを想定して、栽植密度や間引き収穫の時期を決定する「計画的密植栽培」の考えが重要と思われた。計画的密植栽培、最終的な収穫物の株張りに応じた条間と株間を決め、それらの倍、株数で4倍の密度に定植し、周囲の株どうしが重なりあうところに、あらかじめ決めておいた株を間引き収穫し、残した株の光条件を良好かつ均一に保つ方法である。

壇ら(2005)は、1/2単位の培養液を用いて養液栽培したところ、コマツナの硝酸イオン濃度が光強度の増加とともに低下し、非リン酸化NR活性が高まったこと、1単位の培養液では品種によって硝酸イオン濃度が低下しないことなどを報告した。試験5のように、反射マルチを用い簡便に受光量を増しても硝酸イオン濃度はわずかに低減した。圃場への窒素施肥量を削減することが基本であるが、栽植密度を下げ、反射光も利用して収穫期にも株間に光が十分に当たるようにして、少しでも収穫期の光環境を改善することが硝酸イオン濃度の低減化と品質の向上をもたらすものと考えられる。多くの研究で葉中の硝酸イオンを減少させる条件で、糖含量やアスコルビン酸含有量が增大することが報告されている(目黒ら、1991; 建部ら、1995; 中本ら、1998)。

以上のように、タアサイ葉中の硝酸イオンを低減するためには、肥沃な圃場では窒素施肥量を減じ、株間を広げ、大きな株としてから収穫することが必要であり、減肥して生育量を確保するためにはセル苗施肥やベッド内施肥の技術が有効であると思われた。また、密植とならない条件下で生育期間を延長し、光条件を向上させることが硝酸イオンの同化を促進し、葉中の硝酸イオンを低減させるポイントになるものと考えられた。

VI 摘 要

葉菜類中の硝酸イオン濃度を低減する栽培法を明らかにするため、タアサイ (*Brassica campestris* L. *narinosa* group) の葉中硝酸イオン濃度と生育に及ぼす圃場の肥沃度、栽培時期、施肥方法、栽植密度、光環境の影響について調査した。

1. 低地力圃場の夏期の場合、タアサイ葉中の硝酸イオン濃度は本圃無施肥では窒素12kg/10a施肥の53%に、また、生育期間の延長により14%に大きく低減した。高地力圃場の場合、葉中の硝酸イオン濃度は夏期の本圃無施肥では窒素12kg/10a施肥の80%程度に、冬期では50%程度に低減した。
2. 4分の1量のベッド内施肥では、調製重は全面施肥と同等ながら、葉中硝酸イオン濃度が80%程度に低

減し、土壤中硝酸態窒素含量が30%以下に低減した。

3. 栽植密度が低いほど葉中硝酸イオン濃度は低くなり、間引き収穫の5日後にさらに低減した。
4. 反射板により光強度が60%増加すると、葉中硝酸イオン濃度は、9日後に葉身部で88%、葉柄で94%に低減した。

引用文献

- 有田俊幸・伊達昇・米山徳造(1983). 葉菜類の硝酸塩含量に関する試験. 東京農試研報. 16:161-174
- 千葉県(2003). 主要農作物等施肥基準. 千葉県農林水産部園芸農産課
- 壇 和弘・大和陽一・今田成雄(2005). 光強度および赤色光/遠赤色光比の違いがコマツナの硝酸イオン濃度および硝酸還元酵素活性に及ぼす影響. 園学研. 4(3):323-328
- 廣田智子・永井耕介・福島 昭・井上喜正(2002). 土壌と肥料の違いがホウレンソウの生育および品質に及ぼす影響. 兵庫農技研報. 50:41-46
- 藤原隆広・熊倉裕史・大田智美・吉田祐子・亀野 貞(2005). 市販ホウレンソウのL-アスコルビン酸および硝酸塩含量の周年変動. 園学研. 4(3):347-352
- 今西三好・五島 皓(1990). 培地栄養素の組成がホウレンソウの生育と品質関連成分の含有量に及ぼす影響. 中国農研報. 7:1-16
- 香川芳子(2003). 五訂日本食品標準成分表. 野菜類. 女子栄養大学出版社. 東京. 64-103
- 目黒孝司・吉田企世子・山田次良・下野勝昭.(1991) 夏どりホウレンソウの内部品質指標. 土肥誌. 62:435-438
- 中本 洋・黒島 学・塩澤耕二.(1998) ホウレンソウのシュウ酸、硝酸、ビタミンCに及ぼす遮光、気温、かん水、堆肥施用の影響. 北海道立農試集報. 75:25-30
- 落合久美子・岩田良子・間藤徹.(2004) 市販ホウレンソウ、コマツナの硝酸態窒素含有率と全窒素、カリウム含有率との関係. 土肥誌. 75:693-695
- 王子善清・高 祖明・脇内成昭・岡本三郎・河本正彦(1984). 野菜中での硝酸塩及び亜硝酸塩の集積と亜硝酸塩の毒性. 神大農研報. 16:291-296
- 孫 尚穆、米山忠克. 1996. 野菜の硝酸：作物体の硝酸の生理、集積、人の摂取. 農乃園. 東京. 71:1179-1182
- 竹迫 紘(1991). フローインジェクション分析法による土壌抽出液の硝酸態窒素の定量法. 土肥誌. 62:135-140

建部雅子・石原俊幸・松野宏治・藤本順子・米山忠克 (1995). 窒素施用がホウレンソウとコマツナの生育と糖, アスコルビン酸, 硝酸, シュウ酸含有率に与える影響. 土肥誌. 66:238-246

建部雅子・佐藤信仁・石井かおる・米山忠克 (1996). 緩行性窒素肥料の施用がホウレンソウのシュウ酸, アスコルビン酸, 糖, 硝酸含有率含有率に与える影響.

土肥誌. 67:147-154

吉田俊郎・神保伸幸・井上 満・宇田川雄二・青柳森 一、村井正和、所 重雄、安西徹郎 (2003). 黒ボク土壌における稲わら堆肥の連用が春どりキャベツの生育及び土壌の化学性に及ぼす影響. 千葉農総研研報. 3:15-22

Several Factors to have Influences on the Nitrate Concentration in Tatsoi Leaves

Syunro YOSHIDA, Mitsuru INOUE and Hideo KAWASHIRO

Key words : tatsoi, leaf vegetable, vegetable, nitrate, nitrogen

Summary

For the purpose of clarify cultivation method to reduce the nitrate in vegetables, influences that fertile degree of soil, cultivation season, fertilizer application method, planting density and photoenvironment gave to growth and the nitrate concentration in tatsoi (*Brassica campestris L. narinosa group*) leaves were investigated.

1. In the case of barren soil in summer, non fertilizer application reduced the nitrate concentration of tatsoi leaves to 53% of 12kg/10a nitrogenfertilizer application. And the development of growth reduced it to 14% greatly. In winter the nitrate concentration of leaves were low both. In the case of fertile soil, non fertilizer application to field reduced nitate concentration of leaves to around 80% of nitrogen fertilizer application 12kg/10a in the summer cultivation, to around 50% in the winter.
2. Fertilizer application quantity of quarter in the bed kept growth yields equal with surface application of fertilizer and reduced the nitrate concentration of leaves to around 80% of full-scale fertilizer application at the same time and reduced the nitrate contents in the soil in lower than 30%.
3. The low planting density reduced the nitrate concentration of leaves, hervest five days later the decrease in planting density reduced the nitrate concentration of leaves more.
4. The 60% increase of light strength with a light reflector for nine days reduced the nitrate concentration of leaves to blade part 88%, leafstalk 94%.