

栽培管理がニラの機能性成分含有量に及ぼす影響

齋藤容徳・大島一則¹⁾・矢吹友二²⁾・向田佳孝²⁾・宇田靖³⁾

摘要：ニラに含まれる機能性成分の動態について調査した。さらに、ニラの機能性成分を増加させる目的で、硫黄施用を検討した。機能性成分は、機能性が確認されているスルフィド類の前駆体物質であるメチンおよびアリイン含量を調査した。メチンおよびアリイン含量は、株養成期間前半（9月）は葉および葉鞘に多く、株養成期後半（11月）は根に多く含まれた。収穫時は、収穫回数が増えると根の含量が減少し、葉の含量は増加した。すて刈りから60日間の時期別の動態で見ると、メチン含量は、すて刈り時は根に多く、15日後は根が減少したが、葉鞘が増加し、60日後はいずれの部位も同含量となった。アリイン含量は15日後以降大きく変化せず、根>葉鞘>葉の順であった。すて刈り後の環境条件では、メチン含量は温度が高いと全ての部位で多くなり、アリイン含量は温度が高いと葉および葉鞘に多く、逆に根は少なくなった。硫黄を標準量と比べて2倍量施用すると、アリイン含量およびメチン含量は多くなったが、5倍量施用では、2倍量施用と変わらなかった。

キーワード：ニラ，機能性成分，アリイン，メチン

Change in Contents of Functional Component with Cultural Practice of a Chinese Chive

Yoshinori SAITO, Kazunori OSIMA, Yuji YABUKI, Yoshitaka Mukaida, Yasusi UDA.

Summary : We investigated change in contents of functional component of a chinese chive, and sulfur fertilization for increase with contents of functional component. Aliin and methin that were precursor to sulphides effected contents of functional component were investigated. Contents of them were much in leafs and leaf sheaths in September, much in roots in November during the growing season. Contents of them were increased in leafs and decreased in roots, increasing harvested times. At just cutting, contents of methin was much in roots, at 15 days after cutting, contents of roots was decreased, and contents of leaf sheaths was increased, at 60 days after cutting, there may be not difference between parts. Parts of contents of aliin was constant order, this was firstly roots, secondary leaf sheaths, third leaf, during 60 days after cutting. In re-growth with various condition after cutting, contents of methin of all parts was much at a high temperature than at a low temperature, contents of aliin was much in leafs and leaf sheath, less in roots at a high temperature. Contents of them were much by double fertilization of sulfur than standard application rate of fertilizer, but double fertilization of sulfur was as much as fivefold fertilization of sulfur.

Key words : chinese chive, functional component, aliin, methin

I 緒言

ニラは、栃木県農産物算出額が10位で¹³⁾、イチゴ、トマトに次ぐ重要品目であり、全国でも1~2位を争う産地である¹⁰⁾。栃木県のニラ栽培は、ハウス栽培がほとんどで、周年出荷栽培体系が確立され、安定的に京浜市場を中心に出荷されている。本県ニラの品質の評価は高いが、消費の減退から価格が低迷している。さらなるニラ振興を図るためには、ニラの機能性成分に注目し、付加価値を付けることで、ニラの商品価値を高め、消費拡大を図る必要がある。

農産物の機能性成分は、血流改善等の循環器系改善機能、がん予防機能、抗アレルギー機能等があり、高機能性品種の育成や機能性成分の動態について数多く研究されている⁹⁾。ニラを含むネギ属は、葉肉細胞に含まれる含硫化合物が、アリイナーゼ酵素との反応によってスルフィド類に変化し^{12, 14, 16)}、この成分に薬効があるとされており、抗動脈硬化作用、抗ガン作用、発ガン性のあるアクリルアミドの生成抑制等が報告されている¹²⁾。

川岸⁵⁾は、ネギ属植物から生成するスルフィド類の性質を調査し、ラッキョウはメチル基が、タマネギ、ネギおよびアサツキはn-プロピル基が、ニンニクはアリル基が多く、ニラでは、メチル基が約9割でアリル基が約1割であると報告している。また、亀岡ら⁴⁾およびY, yabuki et al¹⁵⁾によっても、ニラの機能性成分は、メチル基が主体のスルフィド類であることが報告されている。

ニラの機能性成分であるスルフィド類は、その前駆体物質の含量に依存することが明らかにされており¹⁴⁾、本試験ではその前駆体物質で、ニラの葉肉細胞に含まれる含硫成分のメチンおよびアリインに注目し、メチンおよびアリイン含量の部位および時期別の動態、すて刈り後日数による動態並びにすて刈り後の環境条件がメチンおよびアリイン含量に及ぼす影響を調査した。また、ニラの機能性成分を増加させることを目的に、硫黄施用の効果について検討した。

II 材料および方法

栃木県農業試験場のパイプハウス（100㎡）およびガラス室を用いて試験を行った。パイプハウスでの試験は、すて刈り後の保温時に外張りで農業用塩化ビニルフィルム（厚さ0.1mm）を被覆し、農業用ポリエチレンフィルム（厚さ0.05mm）で内張り被覆し、農業用エチレン酢酸ビニル共重合フィルム（厚さ0.075mm）を用いて小トン

ネルで3重被覆とし、マルチは、黒色ポリエチレンフィルム（厚さ0.02mm）を地面に展張した。被覆後はかん水チューブで適宜かん水を行った。ガラス室での試験は、点滴かん水で各ワグネルポットに均等にかん水を行った。

メチンおよびアリインの分析は、ニラ2gに90%エタノール10mlを加え海砂ですり潰し、超音波処理15分間で抽出を行い、濾液をエバポレーターで乾固させ、超純水2mgを加えて遠心分離し、その上澄みをHPLC分析した。HPLC分析は日立6200型HPLC-日立4250U-VIS検出器を用いて行った。カラムは、Capcell Pak SCX UG80（資生堂、内径4.6mm×150mm）を使用した。移動層には、25mMリン酸二水素カリウム養液（リン酸にてpH2.5に調整）を用い、流速0.4ml/minとした。メチン、アリインの検出はいずれも220nmで行い、サンプル中の含有量は濃度既知の合成標本のピーク面積と比較することにより算出した。

試験1 機能性成分の部位および時期別の動態

2007年3月27日にニラ品種スーパーグリーンベルトを200穴セルトレイに2粒ずつ播種し、5月24日に畝間40cm、株間20cm、株当たり4本でパイプハウス内に露地状態で定植した。施肥は窒素成分でa当たり3.5kgを全面全層に施用した。12月27日にすて刈りと同時に保温し、葉長が概ね40cmで連続3回収穫した。調査部位は、根、葉鞘、葉の中間、葉先の4ヶ所で、調査時期は、株養成期前半（2007年9月18日）、株養成期後半（11月26日）、1番刈り（2008年1月16日：すて刈り後20日）、2番刈り（2月18日：すて刈り後33日）3番刈り（3月13日：すて刈り後：23日）で、メチンおよびアリイン含量を調査した。

試験2 すて刈り後日数による機能性成分の動態

2008年3月19日にニラ品種スーパーグリーンベルトを200穴セルトレイに2粒ずつ播種し、5月15日に畝間40cm、株間20cm、株当たり4本でパイプハウス内に露地状態で定植した。施肥は窒素をa当たり3.5kgを全面全層に施用した。12月15日にすて刈りと同時に保温し、すて刈り時、15日後、30日後、45日後および60日後に根、葉鞘、葉の部位毎にメチンおよびアリイン含量を調査した。

試験3 すて刈り後の環境条件が機能性成分含量および収量、品質に及ぼす影響

2009年3月19日にニラ品種スーパーグリーンベルトを200穴セルトレイに2粒ずつ播種し、5月20日に畝間40cm、株間20cm、株当たり4本でパイプハウス内に露地状態で定植した。施肥は窒素成分でa当たり3.5kgを全面全層

に施用した。2010年1月4日にすて刈りと同時に保温を開始した。処理は、日中の温度管理を高温管理（30～35℃）、中温管理（25～30℃）および低温管理（20～25℃）の3水準に、遮光の有無を組み合わせた6処理区を設けた。高温処理は外張り、内張りおよび小トンネルの3重被覆で外張りおよび内張りを開閉し、中温処理は、外張り、内張りおよび小トンネルの3重被覆で外張り、内張りおよび小トンネルを開閉し、低温処理は、外張りおよび内張りの2重被覆で、外張りおよび内張りを開閉した。遮光処理は、遮光率50%のダイオネットを使用した。高温で遮光をしない区（以下高温無遮光区）の葉長が40cmになった2月1日に全処理区収穫し、葉、葉鞘、根の部位毎にメチンおよびアリイン含量を調査した。また、収穫時の地上部重量、葉長、葉色（ミノルタ葉緑素計SPAD-502で葉先から全体の1/3程度の位置を測定）、葉幅（葉の中間）および葉厚（葉先から全体の1/3程度の位置）を測定した。糖度は、乳鉢ですり潰しガーゼで濾した上澄みをATADO社製RX-5000で測定し、乾物率は80℃48時間以上乾燥した後に測定して算出した。

試験4 硫黄施用が機能性成分に与える影響

2007年3月27日にニラ品種スーパーグリーンベルトを200穴セルトレイに2粒ずつ播種し、5月24日にポット当たり4本定植した1/2000aワグネルポットを、ガラス室内に設置し供試した。硫黄施用は、BBニラグリーン（8-8-8）を500kg/10a施肥した場合の株当たり（8,888株/10a）の硫酸施用量を標準区（1.9g/ポット）とし、標準区に硫酸マグネシウムを加えて硫黄成分量が2倍区（3.8g/ポット）および5倍区（9.5g/ポット）を作成した。2008年1月31日にすて刈りを行い、3月5日に収穫し、収穫した葉のメチンおよびアリインを分析した。また、定植前と収穫後に土壌分析を行い、pH、NH₄-N（10%KClで抽出後に蒸留法で測定）、NO₃-N、水溶性S₀₄-S（水で抽出後にイオンクロマトグラフィー：日本ダイオネックス社製IC25で測定し、同様に交換性S₀₄-Sは、水酸化ナトリウムで抽出後に測定）を調査した。

Ⅲ 結果

試験1 機能性成分の部位および時期別の動態

メチンおよびアリイン含量の動態を第1表に示した。全期間を通じて、各部位ともアリイン含量よりメチン含量が多かった。メチン含量は、株養成期前半で葉鞘に多く、株養成期後半は、根に多かった。1番刈り～3番刈りでは、収穫回数が増えるほど、根は減少し、葉鞘お

よび葉の中間は増加した。

アリイン含量は、株養成期前半は葉鞘と葉に存在し、株養成期後半は根の含量が極端に多かった。収穫時には、根の動態の傾向は判然としなかったが、葉鞘および葉の中間は収穫回数が増えるほど、多かった。

試験2 すて刈り後日数による機能性成分含量の動態

すて刈り後のメチンおよびアリイン含量の動態を第1図および第2図に示した。メチン含量はすて刈り後日数による部位毎の変動が大きかったが、アリイン含量の変動は少なかった。

メチン含量は、すて刈り時は根の含量が多く、15日目で根の含量が減少し葉鞘および葉の含量が多くなり、45日目で再び根の含量が増加し、葉鞘および葉の含量が減少した。しかし、60日目になると、いずれの部位も約700 μg/gで部位間差は認められなかった。

アリイン含量は、すて刈り後日数による15日目以降変動は小さく、根>葉鞘>葉の順であった。

試験3 すて刈り後の環境条件が機能性成分含量および収量、品質に及ぼす影響

各処理の平均気温は、高温遮光区（15.4℃）>高温無遮光区（14.1℃）>中温無遮光（13.1℃）>中温遮光区（12.8℃）>低温無遮光区（10.9℃）>低温遮光区（10.4℃）の順であった。遮光の有無による照度は、2010年1月8日13:30の調査で、遮光区が18,200lx、無遮光区が34,100lxであった。

すて刈り後の環境条件が機能性成分含量に及ぼす影響を第2表に示した。メチン含量は、全ての部位で温度の高い区が多かった。アリイン含量は、葉および葉鞘では温度が高い方が多いが、根では、温度が低い方が多かった。遮光による影響は、メチン含量では判然としなかったが、アリイン含量では、無遮光処理が多かった。

すて刈り後の環境条件が収量および品質に及ぼす影響を第3表に示した。株当たりの重量は、低温処理よりも中温および高温処理が、また遮光の有無では、無遮光処理が重かった。葉長は、温度が高いほど長く、遮光の影響はみられなかった。葉色は、高温区で淡く、中温処理および低温処理は無遮光処理で濃かった。葉厚は、温度が低いほど、また遮光の有無では無遮光処理で厚かった。糖度および乾物率は、温度が低いほど、また遮光の有無では無遮光処理で高かった。

試験4 硫黄施用が機能性成分含量に及ぼす影響

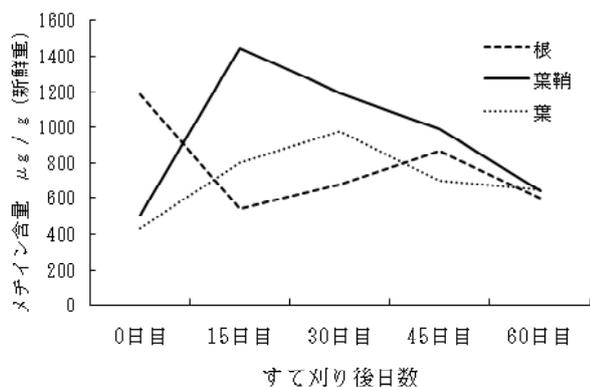
硫黄施用が葉のメチンおよびアリイン含量に及ぼす

影響を第4表に示した。2倍区では、標準区に比べてメチイン含量が141%と多く、5倍区は、標準区と比べてメチイン含量が124%、アリイン含量が200%と多かった。また、土壌分析の結果を第5表に示した。施用7日後には、

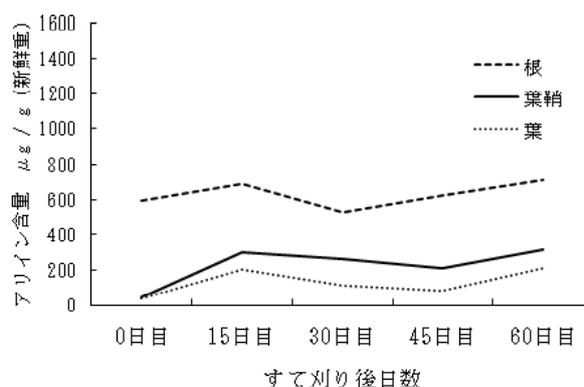
2倍区および5倍区で、標準区より水溶性SO₄-Sおよび交換性SO₄-Sが増加した。収穫直後では、2倍区および5倍区は、施用7日後より水溶性SO₄-Sおよび交換性SO₄-Sが増加したが、標準区は減少した。

第1表 機能性成分含量の部位および時期別の動態

調査時期	根			葉鞘			葉の中間			葉先		
	メチン	アリイン	計									
	μg/g (新鮮重)			μg/g (新鮮重)			μg/g (新鮮重)			μg/g (新鮮重)		
株養成期前半	1128	0	1128	3979	40	4019	520	13	533	1017	39	1056
株養成期後半	4430	561	4991	2531	77	2608	2723	25	2748	2452	18	2470
1番刈り	2729	75	2804	2425	51	2476	3430	42	3472	3441	3	3444
2番刈り	2008	197	2205	2558	262	2820	3507	234	3741	3547	105	3652
3番刈り	1603	58	1661	3941	380	4321	3798	302	4100	2091	75	2166



第1図 すて刈り後のメチン含量の動態



第2図 すて刈り後のアリイン含量の動態

第2表 すて刈り後の環境条件がメチンおよびアリイン含量に及ぼす影響

処 理		メチン (μg/g 新鮮重)			アリイン (μg/g 新鮮重)		
		根	葉鞘	葉	根	葉鞘	葉
高温	遮光 有	4582	2314	2043	115	1251	756
	無	4137	2748	1908	171	1540	1398
中温	有	4362	1811	1602	152	1315	952
	無	3906	2088	896	158	1090	608
低温	有	2683	630	679	230	728	598
	無	1479	1526	490	651	1298	825
高温		4360	2532	1976	143	1396	1077
中温		4134	1950	1250	155	1202	780
低温		2081	1078	585	441	1012	711
F検定		**	**	**	**	*	*
遮光	有	3876	1585	1442	166	1097	768
	無	3174	2120	1098	327	1309	944
F検定		**	**	*	**	\$	\$

注1. n=2, **は1%水準, *は5%水準, \$は10%水準で有意差有り, nsは有意差無し.

第3表 すて刈り後の環境条件が収量および品質に及ぼす影響

処 理	重量 (g/株)	葉長 (cm)	葉色 (SPAD)	葉厚 (mm)	糖度 (%)		乾物率 (%)			
					葉	葉鞘	葉	葉鞘	根	
高温	有	173	41	51	0.86	4.5	4.1	6.0	7.8	16.5
	無	193	42	52	0.97	4.6	4.2	7.3	8.5	16.0
中温	有	159	37	59	0.87	5.0	4.4	7.5	7.9	16.7
	無	198	37	67	1.03	5.8	5.1	8.0	9.2	17.7
低温	有	113	30	58	1.08	5.5	5.0	7.7	8.2	18.5
	無	138	30	64	1.17	6.5	5.4	8.7	11.2	23.4
高温		183	41	52	0.92	4.6	4.2	6.7	8.2	16.3
中温		178	37	63	0.95	5.4	4.8	7.8	8.6	17.2
低温		126	30	61	1.08	6.0	5.2	8.2	9.7	21.0
F検定		**	**	—	**	—	—	—	—	—
遮光	有	94	36	56	0.94	5.0	4.5	7.1	8.0	17.2
	無	102	36	61	1.02	5.6	4.9	8.0	9.6	19.0
F検定		**	ns	—	**	—	—	—	—	—

第4表 硫黄施用が葉のメチンおよびアリイン含量に及ぼす影響

処理区	メチン		アリイン		計	
	$\mu\text{g/g}$ (新鮮重)	()	$\mu\text{g/g}$ (新鮮重)	()	$\mu\text{g/g}$ (新鮮重)	()
標準	1408	(100)	26	(100)	1434	(100)
硫黄2倍	1982	(141)	27	(100)	2009	(140)
硫黄5倍	1739	(124)	51	(200)	1790	(125)

注. () は標準を100とした指数.

第5表 定植前と収穫直後の土壌分析結果

サンプル時期	処理区	pH	NH ₄ -N (mg/100g)	NO ₃ -N (mg/100g)	水溶性SO ₄ -S (mg/100g)	交換性SO ₄ -S (mg/100g)
施肥7日後 (定植前)	標準	6.54	29.9	6.3	30	88
	硫黄2倍	6.67	34.4	7.4	40	101
	硫黄5倍	6.48	26.3	11.3	46	124
収穫直後	標準	5.79	5.3	37.9	24	71
	硫黄2倍	5.60	5.7	60.9	69	135
	硫黄5倍	5.76	5.2	47.9	112	181

注. 施肥8日後に定植した.

IV 考 察

ニラの機能性成分の前駆体物質であるメチンおよびアリインの動態を調査した.

メチン含量の部位および時期別の動態を見ると, 株養成期前半 (9月) は, 葉および葉鞘に多く含まれ, 株

養成期後半 (11月) は根に多く含まれた. 硫黄は一般にSO₄²⁻の形で根から吸収され, 大部分がそのまま葉に移行し, 葉緑体で光合成によるATPのエネルギーと還元力で還元同化され, 種々の含硫化合物に合成される^{7, 10)}. このため, 株養成期前半は, 葉および葉鞘でメチンが多くなったと推察される. 青葉ら²⁾ は, ¹⁴Cを用いてニラの光合成産物の動態を調査し, ¹⁴C-光合成産物は10月ま

では葉内含有量が多いが、11月に根への蓄積が多くなることを報告している。株養成期のメチン含量の動態は光合成産物の動態と類似しており、合成された含硫化合物は光合成産物と同様に代謝転流し、根に蓄積されるものと推察された。

収穫時のメチン含量は、収穫回数が増えるにしたがい、根は減少し葉では増加した。木村⁶⁾は、根重、根部のデンプン、全糖および還元糖、収量を調査し、株養成で蓄えられた根の貯蔵養分および収量は収穫回数が増えるにしたがい、減少することを報告している。根でのメチンの動態は、これら根の貯蔵養分の動態と類似していたが、葉および葉鞘では収穫回数が増えるほど、メチン含量が逆に増加した。このことは、根からの貯蔵養分の転流だけでは説明できず、すて刈り後に再生した葉で新たに根から吸収された硫黄からメチンの合成が行われていることを示している。また、1番刈りより、2番刈り、3番刈りで増加した要因として、再生時のハウス内気象条件の違いが想定された。

そこで、すて刈り後の環境条件を変えて調査したところ、メチン含量は、温度が高いほど全ての部位で高かった。高温条件は、葉でのメチンの合成が促進するものと考えられ、一番刈りよりもハウス温度の高い2番刈り、3番刈りでメチン含量が高まった結果と一致した。根のメチン含量が高まったのは、葉で合成されたメチンが転流したためと考えられた。

すて刈り後の動態では、メチン含量は、すて刈り時には根に多かったが、日数の経過とともに根が減少して葉および葉鞘が増加し、45日後では、葉および葉鞘が減少して根が増加し、60日後では、すべての部位で減少した。安ら¹⁾は、ニラ収穫前後の¹³Cの吸収と転流を調査し、刈り取り後は、¹³Cが根からりん茎、葉へと転流するが、刈り取り10日後より、再生した葉から、りん茎と根に転流・蓄積すると報告している。すて刈り後のメチン含量の動態は、株養成期と同様に光合成産物の動態と類似していた、しかし根のメチン含量は60日目に減少しており、他の物質に変化している可能性もあるが、詳細は明らかにならなかった。

次に、アリイン含量の部位および時期別の動態では、株養成期前半(9月)は、葉および葉鞘に多く含まれ、株養成期後半(11月)は根に多く含まれ、メチン含量と同じような動態を示した。すて刈り後日数による動態では、メチン含量は大きく変動したが、アリイン含量は、根>葉鞘>葉の順番が変わらず、濃度の変動も小さかった。このことから、すて刈り後の養分の転流および葉での合成は、メチンより少ないものと推察される。

すて刈り後の環境条件がアリイン含量に及ぼす影響をみると、葉および葉鞘は、温度が高い方が多く、根は温度が低い方が多かった。葉および葉鞘は、メチン含量と同様に、高温により合成が促進されたと推察される。根のアリイン含量は低温で多くなり、高温で多くなったメチン含量とは、異なる動態を示した。アリインは、株養成期後半でも積極的に根に蓄積されており、低温により根へ蓄積する性質があるのかもしれない。

メチンおよびアリイン含量と光合成産物との関連性をみると、すて刈り後の環境条件では、メチンおよびアリイン含量(根を除く)は高温ほど多くなり、光合成産物の指標となる糖度および乾物率は、低温で高まった。糖度および乾物率が低温で高まるのは、低温で呼吸による消耗が抑制され、光合成産物が植物体に蓄積しやすくなるためであるが、メチンおよびアリイン含量は、高温で多くなることから、呼吸基質として利用されず、植物体に蓄積するものと考えられた。

メチンおよびアリイン含量と光との関係を見ると、すて刈り後の環境条件で、アリイン含量はいずれの部位も無遮光区で多かったが、メチン含量は部位ごとに傾向が異なった。根から吸収された硫黄は、葉緑体で光合成によるATPのエネルギーと還元力で還元同化され、種々の含硫化合物に合成される^{7, 11)}ため光が強い方がより合成量が多くなると考えられるが、メチンの動態は、本試験では説明できなかった。

ニラの収穫は、根以外の部分を刈り取り、根から再生した葉および葉鞘を収穫する。収穫時に、メチンおよびアリイン含量がより多いニラを生産するには、貯蔵器官である根のメチンおよびアリイン含量を増加させる必要がある。ダイコンでは、硫黄成分を多く与えると辛味成分含量(グルコシノレート:含硫化合物)が高くなったと報告されており⁸⁾、Elke et al(2005)³⁾は、タマネギやニンニクに硫黄を施用すると、葉や球根のアリイン含量が高まると報告している。そこで、収穫物であるニラに含まれるメチンおよびアリイン含量を高めるため、メチンおよびアリインの構成成分である硫黄成分の施用量を検討した。その結果、硫黄成分の施用量を増加させることにより、メチンおよびアリイン含量を高めることができたが、2倍施用と5倍施用での大きな差はみられなかった。硫黄は窒素とともにタンパク質を構成し、そのN/S比は植物により一定であるため⁷⁾、5倍施用のように極端に多くしてもメチンおよびアリイン含量の増加には結びつかなかったものと考えられる。5倍施用のメチン含量が、2倍施用より減少した理由は、メチンが他の物質に変化したものか、あるいは他の原

因によるものかは明らかとならなかった。

謝 辞

栃木県農業試験場福田正孝氏、堀井数己氏、田中祐氏には本試験の遂行にあたり栽培管理等に多大な協力をいただいた。ここに記して厚く深謝の意を表する。

引用文献

1. 安東赫・池田英男 (2006) ニラにおける収穫前後の¹³Cの吸収と転流. 園学雑. 75(4) : 350-354.
2. 青葉高・伊東正 (1981) ニラの地下部発達に及ぼす日長と温度の影響 (第1報). ¹⁴C-光合成産物の部位別分布と季節変化. 園学要旨. 昭和56春 : 198-199.
3. Elke, B., S. Haneklaus and E. Schnug (2005) Influence of nitrogen and sulfur fertilization on the allin content of onions and garlic. *Journal of plant nutrition* (27):1827-1839.
4. 亀岡弘・三宅昭雄 (1974) にらの水蒸気揮発性油の成分について. 農化. 48(7) : 385-388.
5. 川岸舜朗 (1993) 香辛野菜のフレーバー形成1) ネギ属植物の「におい」形成とその生理的意義. 生物と化学31(11) : 741-744.
6. 木村栄 (1991) 秋冬どりニラにおける保温時期, 収穫回数が収量と養分含有量に及ぼす影響. 園学雑. 60別1 : 334-335.
7. 農業技術体系土壌施肥編2 作物の栄養と生育 (1986) 作物栄養Ⅲ硫黄. 農文協 東京 : 67-75.
8. 農業技術体系土壌施肥編2作物と栄養(1986)植物栄養編V辛味成分. 農文協 東京 : 141-146
9. 農林水産研究文献課題NO30 (2004) 食品の生体調節に関する研究 農産物の機能性研究に関する研究動向.
10. 農林水産省統計(2009)平成20年度野菜の作付面積, 収穫量及び出荷量 (年間計) .
11. 植物生理学(2009)硫黄の同化. オーム社 東京 : 235-239.
12. 食品機能性の科学(2008)第10章ネギ属香辛野菜の機能性含硫成分. 産業技術センター 東京 : 267-282.
13. 栃木県(2010)とちぎの食と農 : 1
14. 矢吹友二・向田佳高・齋藤容徳・大島一則・高橋建夫・橋本啓・宇田靖(2008)ニラ生育中のスルフィド類とその前駆体及び関連酵素活性の動向. 食

科工学会第55会大会要旨 : 155.

15. Yabuki, Y., Y. Mukaida, Y. Saito, K. Oshima, T. Takahashi, E. Muroi, K. Hashimoto and Y. Uda, 2010. Characterisation of volatile sulphur-containing compounds generated in crushed leaves of Chiese chive (*Allium tuberosum* Rotter). *Food Chem.*, 120, 343-348.
16. 野菜園芸大百科第2版19(2004)成分とにおい. 農文協 東京 : 202-203.