

施肥法がホウレンソウ中硝酸イオン濃度に及ぼす影響

浅野雄二・加藤昌亮*・袖垣一也**

Effects of Fertilizer Application on Nitrate Ion Found in Spinach

Yuji Asano, Masaaki Kato, Kazuya Sodegaki

Summary

It is said that an excessive intake of nitrate ion has some bad effects on people's health. To investigate effects of nitrate ion on human bodies, we conducted series of experiments on how to reduce nitrate ion contained in spinach through specific fertilizer application approaches as well as diminished use of fertilizers. Spinach is one of the main agricultural products of the Hida Region, northern part of Gifu Prefecture. The spinach is cultivated and harvested from spring to fall while protected from exposure to rain. Experiments results: diminished use of fertilizers for all soil layers (20% reduction from the standard fertilizer application) resulted in 22% decrease of nitrate ion in spinach while no loss of yield was recorded. Though the simultaneous fertilization and irrigation method reduced the concentration of nitrate ion in spinach by 33%, its yield turned out to be lower than expected largely because the fertilizer did not reach subsoil. Spot fertilizer application with a use of 2.5 ~ 5.0kg/10a cropping at total nitrogen decreased nitrate ion by 34%, whereas spinach yield increased by 12%. Our conclusion is that the spot partial fertilizer application is more effective than the diminished use of fertilizers for all soil layers. It was also found that the spot fertilizer application generates the best result when 19.3kg/10a cropping at total nitrogen is applied. However, there are many questions remained unsolved concerning the spot fertilizer application, and we will continue to examine the quantity as well as kinds of fertilizers to be used for the spot fertilizer application.

Key Words : spinach, nitrate ion contains, spot fertilizer application, fertilizer for all soil layers

緒言

野菜中の硝酸イオンは過剰摂取すると乳幼児のメトヘモグロビン血症や発ガン性物質生成の可能性があるなど、人体に悪影響を及ぼすといわれている。そこで岐阜県飛騨地域の主要野菜である雨よけ栽培ホウレンソウ(春～秋作)について施肥法と減肥により硝酸イオン濃度低減を試みた。

材料及び方法

試験1 全層混和減肥試験

2003年に所内雨よけハウスを用い、慣行区は播種直前に全層混和施肥法で施肥し、T-N施用量を第1作は16.4kg/10a(NH₄-N : 6.0kg/10a、NO₃-N : 4.4kg/10a、有機態N : 6.0kg/10a)、第2作は13.8kg/10a(NH₄-N : 4.5kg/10a、NO₃-N : 3.3kg/10a、有

機態N : 6.0kg/10a)、第3作は5.2kg/10a(NH₄-N : 3.0kg/10a、NO₃-N : 2.2kg/10a)、第4作は0.0kg/10aとした。改善区は播種直前に全層混和施肥法で施肥し、第1作は10.0kg/10a、第2作は10.0kg/10a、第3作は5.0kg/10a、第4作は3.0kg/10a(全ての作でNH₄-N : NO₃-N = 5.8:4.2)とした。供試品種は第1作 : 第2作 : 第3作 : 第4作それぞれ‘サンライト’ : ‘改良夏一番’ : ‘夏一番’ : ‘春秋一番’とし、栽植距離は条間16cm・株間8cmで行った。クロルピクリンによる土壌消毒を6月18日に行い、播種日は第1作 : 第2作 : 第3作 : 第4作それぞれ5月1日 : 7月1日 : 8月20日 : 10月9日で収穫は第1作 : 第2作 : 第3作 : 第4作それぞれ6月3日 : 8月1日 : 9月17日 : 12月3日に行い、収量、葉色、作物体中硝酸イオン濃度を調査した。

* 現在 : 岐阜地域振興局環境課

** 現在 : 岐阜県農業技術研究所

試験2 灌水同時施肥試験

2003年に所内雨よけハウスを用い、慣行区は播種直前に全層混和施肥法で施肥し、T-N施用量を16.4kg/10a(NH₄-N:6.0kg/10a、NO₃-N:4.4kg/10a、有機態N:6.0kg/10a)とした。灌水8kg区は灌水同時施肥法で施肥し、T-N施用量を8.0kg/10a(NH₄-N:0.8kg/10a、NO₃-N:7.2kg/10a)とし、灌水に混合した液肥として生育期間中(5月13日、5月26日)に全施肥量の2/3、1/3)に施肥した。供試品種は‘サンライト’、栽植距離は条間16cm・株間8cmで行った。播種は5月1日、収穫は慣行区で6月3日、灌水8kg区は6月10日に行い、収量、作物体中硝酸イオン濃度、土壤中無機態窒素を調査した。

試験3 局所施肥試験

2003年に所内雨よけハウスを用い、対照区は播種直前に全層混和施肥法で施肥し、T-N施用量を第1作は10.0kg/10a、第2作は5.0kg/10a(全ての作でNH₄-N:NO₃-N=5.8:4.2)とした。25、50、75、100%局所区は播種直前に種子直下2cmに作条施肥し、T-N施用量は25、50、75、100%局所区それぞれ対照区の25、50、75、100%とした。供試品種は第1作:第2作それぞれ‘改良夏一番’:‘夏一番’とし、条間16cm、株間8cmで播種した。クオルピクリンによる土壤消毒を5月28日に行い、播種は第1作:第2作それぞれ6月17日:8月11日で行い、収穫は第1作:第2作それぞれ7月17日:9月12日に行い、収量、作物体中硝酸イオン濃度を調査した。

試験4 局所施肥体系の検討

2004年に所内雨よけハウスを用い、慣行区は播種直前に全層混和施肥法で施肥し、T-N施用量を第1作は20.3kg/10a(NH₄-N:8.3kg/10a、NO₃-N:6.0kg/10a、有機態N:6.0kg/10a)、第2作は11.2kg/10a(NH₄-N:3.0kg/10a、NO₃-N:2.2kg/10a、有機態N:6.0kg/10a)、第3作は7.6kg/10a(NH₄-N:3.0kg/10a、NO₃-N:2.2kg/10a、有機態N:6.0kg/10a)、第4作は0.0kg/10aとした。少局所区、中局所区、多局所区は播種直前に種子直下2cmに作条施肥し、T-N施用量を第1作は少局所区、中局所区、多局所区それぞれ6.0、8.0、8.0kg/10a、第2作は5.0、5.0、7.0kg/10a、第3作は2.5、2.5、2.5kg/10a、第4作は3.8、3.8、5.8kg/10a(全ての作でNH₄-N:NO₃-N=5.8:4.2)とした。供試品種は第1作:第2作:第3作:第4作それぞれ‘サンライト’:‘改良夏一番’:‘夏一番’:‘スクリプト’とし、栽植距離は条間16cm・株間8cmで行った。クオルピクリンによる土壤消毒を5月

28日に行い、播種は第1作:第2作:第3作:第4作それぞれ4月16日:6月14日:8月3日:9月13日で行い、収穫は第1作:第2作:第3作:第4作それぞれ5月12日:7月14日:8月31日:10月18日に行い、収量、葉色、作物体中硝酸イオン濃度、土壤中無機態窒素を調査した。

なお、試験1~4の調査法について収量はm²刈り、葉色はSPAD-502、作物体硝酸イオン濃度はカタルド法、土壤中無機態窒素はセミ・ミクロ蒸留法にて測定した。

結果及び考察

試験1 全層混和減肥試験

作物体硝酸イオン濃度は慣行区で第1作:第2作:第3作:第4作それぞれ1558ppm:4947ppm:3599ppm:4519ppmとなり平均で3656ppmとなり、改善区ではそれぞれ1002ppm:3722ppm:3400ppm:3223ppmとなり平均2837ppmと全ての作期で改善区が低い濃度で約22%程度の低減率となった。また慣行区、改善区ともに第1作が1000~1600ppmであったのに対し、第2~4作は3200~5000ppmと高い傾向となった(図1)。

収量は慣行区では1050~1994kg/10aで平均1562kg/10a、改善区では1016~2048kg/10aで平均1495kg/10aとなり、改善区でやや低かったが、減収率は4%程度にとどまった。また、葉色は4作の平均が慣行区37.4、改善区37.0と同程度となった(表1)。

これらのことより慣行施肥体系(平成15年ぎふクリーン農業施肥体系)より20%の減肥を行うことで品質、収量を確保しながら作物体の硝酸イ

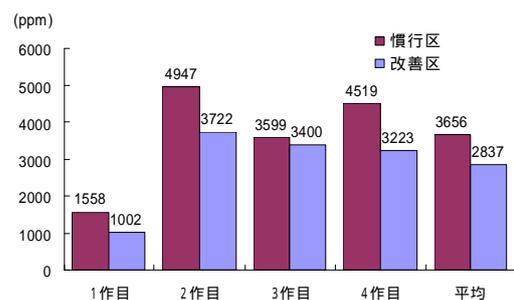


表1 全層混和減肥試験における生育、収量

区	作付	株数/m ²	規格別割合(重量%)				可販収量(kg/10a)	葉色 SPAD502
			2L	L	M	S		
慣行区	1作目	66	53	47	1	0	1994	36.1
	2作目	80	3	96	1	0	1732	38.0
	3作目	66	0	93	6	1	1050	37.9
	4作目	68	25	74	1	0	1470	36.1
	平均	70	-	-	-	-	1562	37.0
改善区	1作目	71	58	42	0	0	2048	34.9
	2作目	79	0	96	4	0	1524	41.5
	3作目	58	0	93	6	1	1016	38.2
	4作目	67	14	86	1	0	1390	34.9
	平均	69	-	-	-	-	1495	37.4

オン濃度を22%低減することができた。

試験2 灌水同時施肥試験

作物体硝酸イオン濃度は5月26日では慣行区810ppm、灌水8kg区403ppm、6月3日では慣行区1558ppm、灌水8kg区1038ppm、6月9日では慣行区1310ppm、灌水8kg区741ppmといずれの調査日でも灌水8kg区で低い値を示した。また慣行区の収穫日とした6月3日が一番高濃度であった(表2)。

生育・収量は慣行区で1994kg/10aとなり、灌水8kg区で1654kg/10aと慣行区と比較し、85%程度となり、収穫日も灌水8kg区が1週間程度遅れた(表3)。

層別の硝酸態N濃度は慣行区では播種後2週間程度までは10mg/100gを越える層がみられ、下層になるほど徐々に濃度が低下する傾向であった。また、経時的に濃度は低下する傾向で収穫時には全ての層で5mg/100g乾土以下であった。これに対し灌水8kg区では5cmの層で特異的に高く、灌水同時施肥法では肥料成分の下層土への移行が少なかった(図2)。

これらのことより灌水同時施肥法は33%硝酸イオン濃度を低減することができたが、下層土に施肥Nが移行せず、十分な生育を確保できなかった。

試験3 局所施肥試験

第1作の硝酸イオン濃度は対照区の1769ppmに対し、25%、50%、75%施肥区でそれぞれ1120ppm、626ppm、1616ppmと対照区を下回る濃度となった第2作は対照区の2724ppmに対し、25%、50%施肥区でそれぞれ780ppm、2335ppmと対照区を下回る濃度となった。また、いずれの作でも対照区より硝酸イオン濃度が低下した50%施肥区では第1作で64%、第2作で14%、平均で34%の低減率となった(図3)。

第1作の収量は対照区の1046kg/10aに対し、25%、50%、75%、100%施肥区でそれぞれ1406、1391、1707、1362、1503、1441、1046、1198

表3 灌水同時施肥における生育・収量

区	株数 /m ²	規格別割合 (%)			可販収量 (kg/10a)
		2L	L	M	
慣行区	66	52.7	46.7	0.6	1994 (100)
灌水8kg区	76	3.4	95.3	1.3	1654 (83)

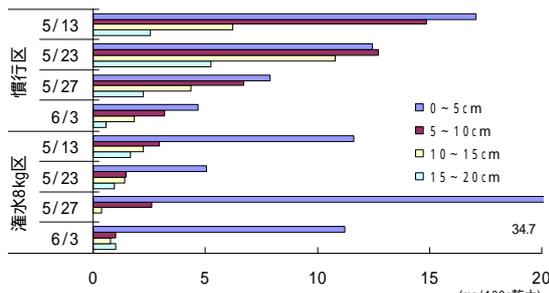


図2 灌水同時施肥における土壌中の硝酸態N濃度

1707、1503kg/10aと全ての区で対照区を上回った。2作目は対照区の1198kg/10aに対し、25%、50%、75%、100%施肥区でそれぞれ970、1116、1362、1441kg/10aと25%、50%施肥区で減収した。しかし50%施肥区は第2作で7%減収したものの、第1作では33%増収しており、平均で12%の増収となった(図4)。

第1作における作物体の窒素吸収量は多くても6kg/10a程度であった。また、窒素吸収量が施肥窒素量を越えた試験区がみられ、加肥・刈消毒による土壌Nの無機化、地温上昇による地力の発現、作物体による有機体窒素の吸収等、施肥窒素以外の窒素が生育に大きく関与していると考えられた(図5)。

これらのことより、50%施肥区(T-N2.5~5.0kg/10a)の施肥量を局所施肥した場合、対照区と比較し、2作平均で12%の増収、34%の硝酸イオン低

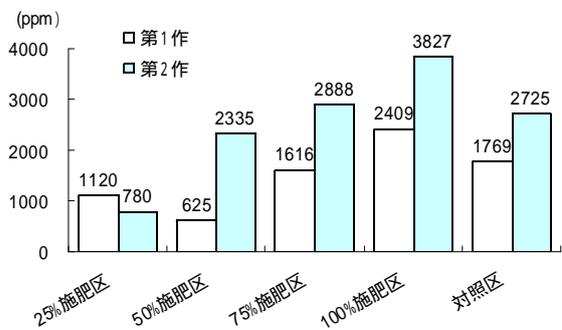


図3 局所施肥試験における作物体中の硝酸イオン濃度

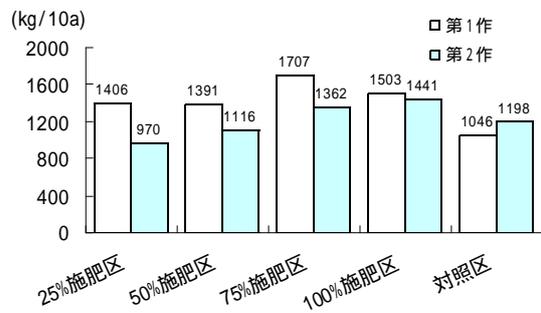


図4 局所施肥試験における収量

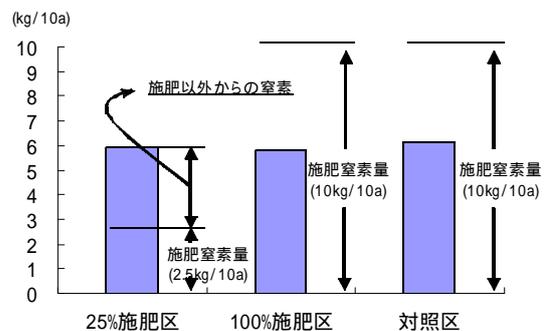


図5 第1作の窒素吸収量と施肥窒素量

減となることから局所施肥法を用い減肥を行うことで硝酸イオンを低減できると考えられた。しかし、施肥N量とN吸収量の収支について更に検討が必要であると考えられた。

試験4 局所施肥体系の検討

硝酸イオン濃度は慣行区では平均3692ppmとなり、第1作と第3作で4000ppmを超える濃度となった。これに対し局所施肥区では平均で少区：2266ppm、中区：2733ppm、多区：2996ppmと3000ppm以下であった。また、クロルピクリン消毒後の第2作では慣行区と局所施肥区の濃度差が少なくなる傾向であった(表4)。

収量は少区で約13%、中区で約7%、多区で

	第1作	第2作	第3作	第4作	平均
慣行区	4692 c	3787 c	4178 b	2112 b	3692
少区	2405 a	3140 a	2818 a	702 a	2266
中区	3626 b	3308 ab	3009 a	991 a	2733
多区		3646 bc	3541 ab	1800 b	2996

試験区間において異なる文字間に有意差あり Tukey test, (n=15, p<0.05)

区	株数/mi (本)	収量割合(重量%)					可販収量 (kg/10a)	L株重 (g)	葉色
		3L	2L	L	M	0			
第1作	慣行区	67	5	65	30	0	2337	25.6	30.5
	少区	68	1	31	68	0	1863	25.4	31.0
	中・多区	71	5	39	50	5	2202	24.9	29.9
第2作	慣行区	67	0	15	84	1	2301	34.9	33.9
	少区	69	0	3	92	5	2219	33.9	35.6
	中区	65	0	3	95	2	2136	35.2	35.2
	多区	66	0	1	95	4	1901	32.0	38.3
第3作	慣行区	61	0	23	76	1	1534	24.3	34.6
	少区	60	0	18	81	1	1308	22.3	35.6
	中区	62	0	14	85	1	1365	21.5	36.3
	多区	63	0	25	74	1	1497	22.6	34.9
第4作	慣行区	46	0	11	87	2	810	21.0	37.5
	少区	55	0	0	92	8	693	16.4	36.0
	中区	54	0	3	86	11	758	16.8	37.3
	多区	51	0	25	73	2	1077	21.9	35.6
平均	慣行区	60.3	2	33	64	1	1746	26.5	34.1
	少区	62.8	0	14	83	3	1521(87)	24.5	34.6
	中区	63.0	0	11	83	6	1615(93)	24.6	34.7
	多区	62.5	3	29	66	2	1669(96)	25.4	34.7

注) ()は慣行区を100とした指数、n=3、葉色はSPAD502を用いた値

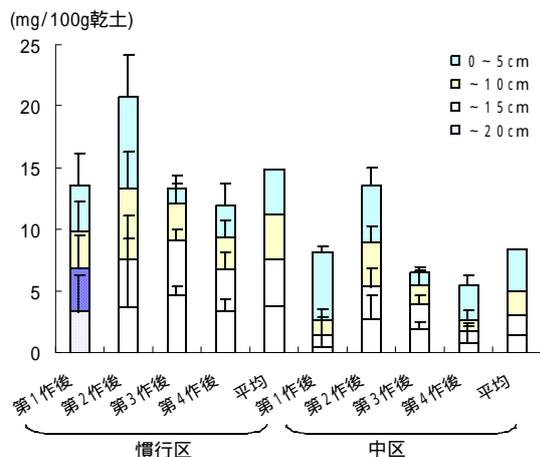


図7 局所施肥体系における作付け後の土壤中硝酸態窒素濃度
注) 20cm深サンプリング、5cm深毎に測定
藤原製作所製、土壌採取器FV467型にてサンプリング n=6

約4%の減収となったが、第4作の少区を除き2作付後の層別土壤中硝酸態窒素濃度は慣行区の第2作後0~10cm、中区の第1作後0~5cmを除き5mg/100g乾土を下回った。4作の平均は0~5cmの層では慣行区と中区の濃度差はほとんどなかったがそれ以下の層では中区が慣行区の50%以下の濃度であった。作付け別の施肥量と比較すると施肥量が一番多いのは慣行区、中区ともに第1作後であったが、土壤中硝酸態窒素濃度は慣行区、中区ともに第2作後で高かった(図6)。

以上の結果より、局所施肥法を用いた施肥体系は硝酸イオン濃度を1000ppm程度低減でき、減収率が7%程度であった中区：T-N19.3kg/10a(4作合計)程度とすることが妥当と考えられた。しかし、クロルピクリン消毒後の第2作については(1)硝酸イオン濃度の低減率が低い。(2)局所施肥区では施肥量が多いほど収量が低い。(3)作付け後の土壤中硝酸態窒素濃度が高い、など土壤消毒の影響が大きいと考えられるため施肥量、肥料の種類等を検討する必要があると考えられた。

総合考察

現在の飛騨地域の施肥体系は春先の収量を確保するため、過剰な施肥を行う体系となっている。このため試験1において慣行の施肥法である全層混和施肥で減肥による硝酸イオン濃度低減を試みた。慣行施肥体系から20%程度減肥することで硝酸イオン濃度を22%低減できたが、全層混和施肥法による減肥では収量への影響を考慮するとこの程度の減肥が限界であると考えられた。

一方で積極的な施肥コントロールを目的に試験2の灌水同時施肥試験と試験3の局所施肥試験を行った。

試験2の灌水同時施肥試験は養液栽培で収穫6日前から培養液中の硝酸イオンを制限することで収量に影響なく作物体中の硝酸イオン濃度を低減することができる¹⁾という報告があることから、灌水パイプに液肥を混ぜ頭上から施肥し、より簡単に溶液土耕栽培を行い、適期に必要な最小限の肥料成分を供給することを目的として行った。しかしながら肥料成分の下層土への移行が認められず、収量を確保することができなかった。これは養液土耕栽培では長時間かけて液肥を浸透させるが、灌水同時施肥では短時間で大量の灌水と同時に処理してしまうため、土壌への浸透量が少なく表面水として圃場外へ流出してしまうためと考えられた。

一方、試験3の局所施肥試験は減肥中心に考え施肥効率の良い局所施肥を行うことでハウレンソ

ウの窒素吸収量と施肥量の差をなくし無駄のない施肥を目的として行った。結果は予想に反しハウレンソウの窒素吸収量よりも少ない50%施肥区(T-N2.5～5.0kg/10a)で対照区と比較し、2作平均で12%増収し、34%の硝酸イオン濃度低減となり収量、硝酸イオン濃度の低減も十分な結果となった。窒素吸収量の収支については土壌消毒後の窒素無機化や阿江ら²⁾が明らかにしたようにアミノ酸やタンパク様窒素の直接吸収が行われ施肥窒素のみの利用ではなかったためと考えられた。また、収量の確保、硝酸イオン濃度低減については今回行った施肥位置を種子直下2cmとしたため、生育初期には種子付近に高い濃度で分布する化成肥料由来の無機態窒素を吸収し、生育後期は全層に分布する低い濃度の無機態窒素や有機態窒素を吸収することで、養液栽培で確認されている生育後期の窒素制限と類似したハウレンソウの窒素吸収がなされたためと考えられた。

これら試験1～3の結果を考慮し、局所施肥での4作体系での施肥体系を試験4で検討した。結果は局所施肥法を用いた施肥体系は中区：T-N19.3kg/10a(4作合計)程度とすることで減収率は7%程度、硝酸イオン濃度を4作平均1000ppm程度低減することができた。しかし、第2作は土壌消毒によるアンモニア態窒素の影響と考えられる硝酸イオン濃度や収量となった。これは袖垣ら³⁾が行ったクロルピクリン消毒後のアンモニア態窒素主体の施肥試験と共通する部分が多く、好硝酸植物であるハウレンソウにおいて、アンモニア態窒素が高い場合に何らかの理由で生育が遅れる等の障害が起こる可能性があり、第2作については窒素形態の種類、施肥N量を検討する必要があると考えられた。また、試験4では試験3の局所施肥試験と比較し、硝酸イオン濃度の低減率が低く、減収した結果となった。このため今後は安定的な低硝酸ハウレンソウ栽培を行うための確認試験や施肥窒素以外からの窒素供給の仕組み、施肥以外の硝酸イオン濃度上昇要因などを十分に検討する必要があると考えられた。

摘 要

硝酸イオンは過剰摂取すると人体に悪影響を及ぼすといわれている。そこで飛騨地域の主要野菜である雨よけ栽培ハウレンソウ(春～秋作)について施肥法と減肥により作物体中の硝酸イオン濃度低減を試みた。全層混和減肥では慣行施肥体系(平成15年ぎふクリーン農業施肥体系)より20%の減肥を行うことで収量を確保しながら作物体の硝酸イオン濃度を22%低減することができた。

灌水同時施肥法は33%の硝酸イオン濃度低減ができたが、肥料成分が下層土へ移行せず十分な収量が得られなかった。局所施肥法は全窒素2.5～5.0kg/10a(1作当たり)の施肥量を局所施肥した場合、12%の増収、34%の硝酸イオン低減となり全層混和法での硝酸イオン低減より有効と考えられた。この局所施肥法での施肥体系はT-N19.3kg/10a(4作合計)程度とすることが妥当と考えられた。しかし、不明な点が多く施肥量、肥料の種類等を検討する必要があると考えられた

引用文献

- 1) 王秀峰・伊藤正(1998)水耕ハウレンソウの生育、収量、葉中NO₃含量に及ぼす培養液の硝酸態窒素制限とカリウム贈与の影響。園学雑67(1):74-80.
- 2) 阿江教治・松本真悟・山縣真人(2001)新しい世紀への植物栄養の展望4. 土壌に蓄積する有機態窒素の直接吸収。土肥雑72(1):114-120
- 3) 袖垣一也・藤本豊秋(2001)[ハウレンソウ硝酸低減](2)施肥と硝酸含量-2作目。平成12年野菜試験研究成績概要集 関東・東海():412-413