

秋播きホウレンソウにおける硝酸イオン濃度の品種間差異

龍 勝利*・井上恵子¹⁾・森山友幸²⁾・奥 幸一郎・井手 治

ホウレンソウの秋播き露地栽培において、硝酸イオン濃度が低い品種を選定するため、31品種における硝酸イオン濃度を調査した。また、硝酸イオン濃度が低い品種の選定指標を明らかにするため、硝酸イオン濃度と生育特性との関係について検討した。

1. ホウレンソウの硝酸イオン濃度は葉柄重割合が大きい品種ほど高く、栽培日数が長く、1株重が大きい品種ほど低い傾向が認められた。
2. ホウレンソウの硝酸イオン濃度は、品種間、年次間(2002年, 2003年)および播種時期間(9月播種, 10月播種)に1%水準で有意差が認められた。その一方で、年次と品種および播種時期と品種における交互作用は認められなかった。
3. ‘サンカルロス’, ‘プラトン’, ‘まほろば’, ‘アトランタ’および‘ミストラル’5品種の硝酸イオン濃度は対照品種‘パンドラ’より低かった。特に‘サンカルロス’と‘プラトン’の硝酸イオン濃度は3,000mg/kgFW以下であった。
[キーワード: 秋まき栽培, 硝酸イオン濃度, 生育特性, 品種間差異, ホウレンソウ]

Varietal Differences in Nitrate Concentration among Fall Sowing Spinach Cultivars. RYU Katsutoshi, Keiko INOUE, Tomoyuki MORIYAMA, Kouichirou OKU and Osamu IDE. (Fukuoka Agricultural Research Center, Chikushino, Fukuoka 818-8549, Japan) *Bull. Fukuoka Agric. Res. Cent.* 26: 57-60 (2007)

Differences in nitrate concentration found in fall sowing spinach cultivars were investigated, and the relationship between growth properties and nitrate concentrations was examined.

- (1) Nitrate concentration tended to be higher in spinach having a high rate of petioles. It was observed that the spinach with a longer growing period and heavier stocks tended to have a lower nitrate concentration. On the other hand, no correlation was observed between nitrate concentration and leaf color.
- (2) Depending on the year of cultivation and the sowing time, differences in nitrate concentration were significant at 1%, and cultivar differences were significant at 1%. However, interactions of nitrate concentration between cultivar × year and cultivar × sowing time were insignificant.
- (3) In five kinds of cultivars; ‘San Carlos’, ‘Platon’, ‘Mahoroba’, ‘Atlanta’ and ‘Mistral’, the nitrate concentration found was lower than that of ‘Pandora’, the control, in all examinations. In particular, the nitrate concentrations found in ‘San Carlos’ and ‘Platon’ were 3,000mg/kgFW or less.

[Keywords: cultivar, fall sowing, growth properties, nitrate, spinach]

緒 言

近年、消費者の健康志向、安全志向の高まりから、野菜中の硝酸イオン濃度が注目されている。食品や飲料水中に含まれる硝酸が人体に取り込まれると、体内で亜硝酸に変化し、悪影響を招くことが指摘されている⁶⁾。特に葉菜類では窒素施肥量が過剰な場合、硝酸が集積しやすく、硝酸イオン濃度の低減が望まれている⁶⁾。

ホウレンソウは日本人の食生活における主要な葉菜類である。このため、ホウレンソウの硝酸イオン濃度に関する知見を深めるとともに、硝酸イオン濃度の低減化を図ることが重要であると考えられる。しかし、ホウレンソウの硝酸イオン濃度の変動については、生育ステージおよび施肥量等の栽培条件に関する報告が中心であり^{3, 7, 8)}、品種間の比較を行った事例は少ない。この中で、ホウレンソウの硝酸イオン濃度には品種間に20%の変動幅があるとした亀野らの報告²⁾および品種間差異が認められるとした小口らの報告⁴⁾があるが、いずれの報告も

雨よけ夏どり栽培における調査結果であり、露地栽培における検討はなされていない。また、これらの報告が10年以上前であるため、近年育成された品種での検討もなされていない。

そこで、本報告では、本県の主要な作型である露地栽培の秋播きホウレンソウにおいて、硝酸イオン濃度の品種間差異について検討した。また、硝酸イオン濃度が低いホウレンソウ品種の選定指標を明らかにするため、硝酸イオン濃度と生育特性との関係についても検討した。

試験方法

1 供試品種と栽培条件

試験は、2002年と2003年の2年間、福岡県農業総合試験場内(中粗粒灰色低地土の作土を客土した中粗粒黄色土造成相)で行った。2002年は近年作付けの多い品種を中心に、対照品種として‘パンドラ’を加えた31品種を供試した。2003年は2002年に硝酸イオン濃度が低かった品種を中心に2002年と共通の11品種を供試した(第1表)。播種日は2002年が10月20日、2003年が9月24日と10月15日(以下、それぞれ9月播種、10月播種とする。)で、畝幅145cm、条間20cmにすじ播きした。本葉2葉期に株間が5cmになるように間引きを行った。試

*連絡責任者(野菜栽培部)

1) 現農政部農業技術課

2) 現筑後分場

第1表 本試験における施肥量

試験区	基肥量(kg/10a) ¹⁾			追肥量(kg/10a) ²⁾³⁾		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
2002年10月播種	18	18	18	3	0	3
2003年9月播種	12	12	12	0	0	0
2003年10月播種	18	18	18	3	0	3

1) 尿素入り硫加燐安48号(N-P₂O₅-K₂O=16%-16%-16%)
 2) 尿素入り窒素加里化成2号(N-P₂O₅-K₂O=16%-0%-16%)
 3) 追肥日: 2002年10月播種は12月10日, 2003年10月播種は11月20日

験は1区0.35 m²で, 3反復とした。なお, 2003年は一部の品種は生育不良のため2反復とした。施肥量は第1表に示すとおりである。10月播種の試験については2002年が12月26日から, 2003年が12月6日からそれぞれ収穫終了日まで, 塩化ビニルによるトンネル被覆を行った。収穫は11月1日から2月8日にかけて, 各品種ごとに最大葉長が25cmに達した時点とし, 午前8時から10時の間に行った。生育中庸な10株について, 収穫時に1株重, 葉色値, 葉身および葉柄重を測定した。また, 葉柄重割合を葉柄重/(葉身重と葉柄重の合計)×100, 栽培日数を播種日から収穫日までの日数で表した。葉色値は葉緑素計(ミノルタ式 SPAD-502)を用い, 最大葉の葉身を測定した。

2 硝酸イオン濃度の分析方法

収穫後直ちに, 1区当たり5株を採取し, 根と損傷した葉を取り除いて, 葉身と葉柄に分離・寸断し, 秤量した後に, -20℃で凍結保存した。凍結保存した試料に重量比で100倍の蒸留水を加え, ミキサーで摩砕して得られた抽出液を0.45 μmのメンブレンフィルターで濾過した後, 硝酸イオン濃度の測定を行った²⁾。測定はカラムにTSKgelIC-Anion-PWXL(東ソー社製), 溶離液に2%アセトニトリル, 0.5%グリセリン, 1.1 mM ホウ砂および1.5 mM グルコン酸カリウムを含む30mM ホウ酸緩衝液(pH8.5)を用いたHPLC分析によって行った。

結 果

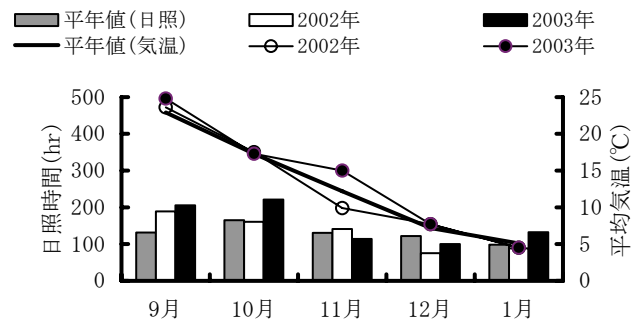
1 気象条件

試験を実施したハウレンソウの生育期間である9月~1月における月平均気温および日照時間(福岡県太宰府アメダスデータ)を第1図に示した。平均気温は2002年が23.6℃~4.5℃, 2003年が24.8℃~4.5℃で, 生育中期にあたる11月を除きほぼ同年並みに推移した。11月の平均気温は2002年が9.9℃, 2003年が15.0℃であり, 2002年は2003年と比較して低温であった。また, 9月~1月の日照時間は2002年が654時間で同年並みであったのに対し, 2003年は773時間と2002年より約20%多かった。

2 ハウレンソウ品種における硝酸イオン濃度と生育特性

2002年に供試したハウレンソウ31品種における硝酸イオン濃度と生育特性を第2表に示した。ハウレンソウの硝酸イオン濃度には1%水準で有意な品種間差が認められた。その中では, ‘サンカルロス’が2,390mg/kgFWと, 最も低かった。これに対して, ‘グリーンピア’は4,890mg/kgFWと, 最も高かった。対照品種‘パンドラ’

の硝酸イオン濃度は3,890mg/kgFWで, 供試31品種の中では中位であった。生育特性をみると, 栽培日数, 葉柄重割合, 葉色値および1株重は, いずれの特性においても1%水準で有意な品種間差異が認められた。次に, ハウレンソウ品種における硝酸イオン濃度とこれらの生育特性との相関係数を第3表に示した。硝酸イオン濃度と1株重および栽培日数との間には負の, 葉柄重割合との間には正の, それぞれ1%水準で有意な相関が認められた。すなわち, 硝酸イオン濃度は葉柄重割合が大きい品種ほど高く, 栽培日数が長く, 1株重が大きい品種ほど低い関係にあった。一方, 硝酸イオン濃度と葉色値と



第1図 試験期間中の平均気温および日照時間

第2表 ハウレンソウ品種における硝酸イオン濃度と生育特性

品種名	栽培日数(日)	葉柄重割合(%)	葉色値	1株重(g)	硝酸イオン濃度(mg/kgFW)
サンカルロス [†]	111	35	53	32.0	2,390
タイタン	108	31	51	28.6	2,480
ブロン [†]	109	37	51	37.3	2,830
まほろば [†]	95	40	49	24.6	3,190
サンアントニオ	108	41	48	31.0	3,310
イーハトーブ	107	41	54	38.0	3,460
パレード	96	36	45	23.9	3,520
アトランタ [†]	94	42	47	22.1	3,580
リード	104	40	49	31.4	3,580
ミストラル [†]	106	41	50	30.0	3,640
くろうま [†]	101	41	59	25.0	3,670
アルミラ4	101	42	49	25.9	3,720
サラダほうれんそう [†]	94	46	51	21.8	3,760
サンディエゴ	99	36	47	30.3	3,810
パンドラ(対照) [†]	94	38	48	23.8	3,890
ディンプル	94	39	41	30.0	3,900
ビリーブ	97	39	51	21.1	3,970
ソロモン	99	42	47	23.6	4,010
サンクスト	100	41	49	23.6	4,030
コンバット	95	38	48	25.0	4,030
アップライト	94	48	51	21.7	4,070
アトラス [†]	98	41	46	26.4	4,100
パッカー [†]	98	36	52	26.8	4,160
ホークス203	94	42	54	28.4	4,170
シーバス	98	42	49	24.5	4,180
マッスル	94	40	52	22.2	4,340
サンピア	96	37	46	22.1	4,400
ブレード	94	49	45	28.3	4,590
サンピアテン	94	38	47	20.0	4,600
北海一番	94	56	47	26.8	4,820
グリーンピア [†]	94	40	47	25.3	4,890
平均値	99	41	49	26.5	3,840
変動係数(%)	5.5	11.6	6.9	16.8	15.4

1) 2002年10月播種, †を付した品種は2003年も供試, n=31
 2) 葉色値はSPAD値(ミノルタ社製SPAD-502)
 3) **は分散分析の結果, 品種間に1%水準で有意差があることを示す

第3表 ハウレンソウにおける硝酸含量と各生育特性との相関係数

	栽培日数	葉柄重割合	葉色値	1株重
相関係数	-0.74**	0.51**	-0.31ns	-0.49**

1)2002年10月播種, **は1%水準で有意であることを示す, n=31

の間には有意な相関は認められなかった。

3 ハウレンソウ品種における年次および播種時期の違いと硝酸イオン濃度

2002年および2003年の10月播種に共通して供試したハウレンソウ11品種における硝酸イオン濃度について分散分析した結果を第4表に示した。10月播種のハウレンソウにおける硝酸イオン濃度は、年次間、品種間ともに1%水準で有意差が認められた。その一方で、品種と年次には交互作用は認められなかった。次に、同じ11品種の10月播種における各年ごとの硝酸イオン濃度を第5表に示した。2003年は11品種における硝酸イオン濃度の平均値が2,480mg/kgFWと、2002年より1,170mg/kgFW低く、変動係数がやや大きかった。各品種の硝酸イオン濃度を2年間の平均値で比較すると、‘サンカルロス’が1,840mg/kgFWと最も低く、‘パンドラ’との間に有意な差が認められた。さらに、‘プラトン’、‘くろうま’、‘まほろば’、‘アトランタ’および‘ミストラル’の5品種も硝酸イオン濃度が低い傾向にあった。

2003年9月播種および10月播種の試験に共通して供試したハウレンソウ11品種における硝酸イオン濃度について分散分析した結果を第6表に示した。ハウレンソウにおける硝酸イオン濃度には、播種時期間、品種間ともに1%水準で有意差が認められた。その一方で、播種時期と品種に交互作用は認められなかった。次に、同じ11品種における播種時期ごとの硝酸イオン濃度を第7表に示した。9月播種における硝酸イオン濃度は平均値が2,240mg/kgFWと、10月播種より290mg/kgFW低く、変動係数が同程度であった。このうち、‘サンカルロス’、‘アトランタ’、‘アスパイヤー’、‘プラトン’、‘まほろば’および‘ミストラル’の6品種における硝酸イオン濃度は、9月播種、10月播種ともに‘パンドラ’より低かった。

4 硝酸イオン濃度が低い品種の生育特性

2002年10月播種, 2003年9月播種および10月播種の3回の試験にわたって硝酸イオン濃度が低かった5品種と対照品種‘パンドラ’の生育特性を第8表に示した。硝酸イオン濃度が安定して低かった‘サンカルロス’の生育特性は10月播種における栽培日数が‘パンドラ’よ

第4表 ハウレンソウにおける年次と品種を要因とした硝酸含量の分散分析

要因	自由度	平方和	平均平方	F値
年次(Y)	1	18020487	18020487	64.7**
品種(V)	10	13159383	1315938	4.7**
Y×V	10	4821227	482123	1.7ns
誤差	37	10312129	278706	

1)2002年と2003年10月播種試験に共通して供試した11品種

2)**は1%水準で有意であることを示す, nsは有意でないことを示す

3)硝酸含量の単位はmg/kgFW

第5表 10月播種における試験年次ごとのハウレンソウ品種の硝酸イオン濃度

品種名	硝酸イオン濃度(mg/kgFW)		
	2002年	2003年	平均
サンカルロス	2,390	1,280	1,840 a ¹⁾
プラトン	2,830	2,330	2,580 ab
くろうま	3,670	1,870	2,770 ab
まほろば	3,190	2,440	2,810 ab
アトランタ	3,580	2,590	3,090 ab
ミストラル	3,640	2,810	3,220 ab
パッカー	4,160	2,490	3,320 b
サラダほうれんそう	3,760	3,050	3,400 b
パンドラ(対照)	3,890	3,020	3,460 b
アトラス	4,100	2,850	3,470 b
グリーンピア	4,890	2,520	3,700 b
平均値	3,650	2,480	3,060
変動係数(%)	18.5	21.0	17.3

1)Tukey-Kramerの多重検定により、異なる文字の品種間には5%水準で有意差があることを示す

第6表 ハウレンソウにおける播種期と品種を要因とした硝酸含量の分散分析

要因	自由度	平方和	平均平方	F値
播種期(T)	1	1497260	1497260	11.1**
品種(V)	10	6964473	696447	5.2**
T×V	10	2689789	268979	2.0ns
誤差	32	4304609	134519	

1)2003年の9月播種と10月播種試験に共通して供試した11品種

2)**は1%水準で有意であることを示す, nsは有意でないことを示す

3)硝酸含量の単位はmg/kgFW

第7表 2003年における播種時期ごとのハウレンソウ品種の硝酸イオン濃度

品種名	硝酸イオン濃度(mg/kgFW)		
	9月播種	10月播種	平均
サンカルロス	2,390	1,280	1,840 a ¹⁾
アトランタ	1,500	2,590	2,050 a
アスパイヤー	2,040	2,060	2,050 ab
プラトン	1,930	2,330	2,130 abc
まほろば	1,990	2,440	2,210 abc
ミストラル	1,670	2,810	2,240 abc
グリーンピア	2,870	2,520	2,690 bc
サラダほうれんそう	2,350	3,050	2,700 bc
アトラス	2,560	2,850	2,700 bc
パンドラ(対照)	2,550	3,020	2,780 c
フーリング	2,760	2,840	2,800 c
平均値	2,240	2,530	2,380
変動係数(%)	19.8	20.2	14.9

1)Tukey-Kramerの多重検定により、異なる文字の品種間には5%水準で有意差があることを示す

第8表 硝酸イオン濃度の低いハウレンソウ品種の生育特性

品種名	栽培日数(日)		1株重(g)		葉色値 ¹⁾		葉柄重割合(%)	
	9月 ²⁾	10月 ²⁾	9月	10月	9月	10月	9月	10月
サンカルロス	42	101	31.7	34.3	43	50	32	33
プラトン	40	87	32.6	32.8	45	49	33	35
まほろば	36	75	22.7	24.4	40	45	32	38
アトランタ	41	76	31.3	23.9	44	45	36	39
ミストラル	42	88	33.1	28.5	46	49	37	37
パンドラ(対照)	41	77	34.1	24.0	46	46	37	36

1)葉色値はSPAD値(ミノルタ社製SPAD-502)

2)9月:9月播種, 10月:10月播種。10月播種は2002年と2003年の平均値

り24日長く、1株重が‘パンドラ’の約1.4倍であった。また、葉柄重割合は9月播種, 10月播種ともに最も低かった。‘プラトン’は10月播種において、栽培日数が‘パンドラ’より10日長く、1株重が‘パンドラ’の約1.3倍であった。‘まほろば’および‘アトランタ’は10月播種における栽培日数と1株重が‘パンドラ’と同程度であり、‘ミストラル’は10月播種における栽培日数が‘パンドラ’より11日長く、1株重は約1.2倍であった。これに対して、9月播種では、‘まほろば’の栽培日数が

‘パンドラ’より5日短く、1株重が‘パンドラ’より11.4g小さかった以外は、各特性における品種間の差は小さかった。

考 察

本試験では、本県の主要な作型である秋播き栽培のホウレンソウ31品種における硝酸イオン濃度と播種日から収穫日までの栽培日数、葉柄重割合、1株重および葉色値を調査した。その結果、硝酸イオン濃度は葉柄重割合が大きい品種ほど高く、栽培日数が長く、1株重が大きい品種ほど低い傾向が認められた。その一方で、硝酸イオン濃度と葉色値の間には有意な相関が認められなかった。井上¹⁾はイタリアンライグラス13品種を供試し、生育速度の遅い晩生品種および多収の品種ほど硝酸イオン濃度が低いことを報告している。本試験で得られたホウレンソウ品種における硝酸イオン濃度と栽培日数および1株重の関係はこの報告を支持するものであった。また、硝酸イオン濃度は葉柄重割合が大きい品種ほど多かったことについては、葉柄は硝酸還元活性が葉身より低く⁷⁾、葉柄における硝酸イオン濃度が葉身の2.2倍～11.1倍(データ略)と非常に高かったことによるものと考えられる。硝酸イオン濃度と葉色の関係については、ホウレンソウでは硝酸イオン濃度と葉色との間に相関関係は認められないとする目黒らの報告⁵⁾と一致した。以上のことから、栽培日数、葉柄重割合および1株重は、今後硝酸イオン濃度の低い品種を選定する際の指標として利用できると考えられる。

ホウレンソウ品種における硝酸イオン濃度について分散分析した結果、年次間および播種時期間に1%水準で有意差が認められたものの、品種間にも1%水準で有意差が認められ、しかも品種と年次および品種と播種時期における交互作用は認められなかった。これらのことから、露地栽培における秋播きホウレンソウでは、年次や播種時期が異なっても硝酸イオン濃度の低い品種を選定することが可能であることが示唆された。

供試した品種のなかでは、‘サンカルロス’、‘プラトン’、‘まほろば’、‘アトランタ’および‘ミストラル’5品種における硝酸イオン濃度は‘パンドラ’より低かった。特に‘サンカルロス’、‘プラトン’はいずれの試験においても3,000mg/kgFW以下であった。目黒ら⁵⁾はホウレンソウにおける硝酸イオン濃度の目標値を3,000mg/kgFWとしていることから、これら2品種は硝酸イオン濃度が低い品種として位置づけることができると考えら

れる。その一方で、10月播種におけるホウレンソウでは、収穫期が低温条件となるため、低温伸長性が優れ、栽培日数が短いことが望ましい。しかし、硝酸イオン濃度が低かったこれらの2品種はいずれも10月播種における栽培日数が‘パンドラ’より長く、低温伸長性が劣った。したがって、これら2品種を導入するに当たっては、トンネル被覆時期を早める等の栽培法を試みるとともに、それに伴う硝酸イオン濃度の推移を詳しく検討することも必要と考えられる。

また、目黒ら⁵⁾はホウレンソウについて、葉色と硝酸イオン濃度との間に一定の関係はみられないが、葉色とアスコルビン酸含量との間に正の相関がみられることから、消費者に葉色の濃いものを選ぶよう推奨している。本試験では、硝酸イオン濃度と葉色に有意な相関がなかったことから、硝酸イオン濃度が低く、葉色の濃い品種を選定することが可能であることが示唆された。

引用文献

- 1) 井上信明・馬場武志・太田剛・敷田成太郎・藤吉弘子(2000)イタリアンライグラスにおける硝酸態窒素蓄積の品種間差とラップサイレーズ調整における硝酸態窒素含量の低減技術. 福岡農総試研報 19: 123-126.
- 2) 亀野貞・木下隆雄・楠原操・野口正樹(1990)ホウレンソウの栽培条件及び品種と品質関連成分の変動. 中国農研報 6: 157-178.
- 3) 木下隆雄・亀野貞・野口正樹(1988)ホウレンソウの高品質化のための栽培条件. 農及園 63: 51-55.
- 4) 小口裕・W.A.P.Weerakkody・田中昭夫・中澤征三郎・安藤忠夫(1996)ホウレンソウの品質関連成分の品種間、部位間、栽培地間差異. 広島農技セ研報 64: 1-9.
- 5) 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.
- 6) 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. 農及園 71: 1179-1182.
- 7) 米山忠克・建部雅子(1992)アスコルビン酸(ビタミンC)・シュウ酸・硝酸の代謝と相互関係. 農及園 67: 1055-1062.
- 8) 吉田敦・原田和夫・菅原彰敏・但野利秋(1998)水耕ホウレンソウの糖, アスコルビン酸, 硝酸, シュウ酸含有率に及ぼす養分中断処理の効果と問題点. 土肥誌 69: 178-184.