

第Ⅱ章 ネギのチェーンポット内施肥による窒素肥料低減化技術

第1節 チェーンポット内施肥の施肥窒素量と追肥窒素量の検討

1. 緒言

ネギは、露地野菜の中で特に施肥窒素量が多いとされている。夏どりネギの場合、千葉県における基準施肥窒素量⁹⁾は、基肥窒素80kg ha⁻¹、追肥窒素160kg ha⁻¹の合計240kg ha⁻¹であるが、現地では300kg ha⁻¹以上、時には500kg ha⁻¹を超える事例がある（千葉県農業普及指導員のアンケート調査による）。一方、ネギの窒素吸収量は90～130kg ha⁻¹程度^{31,73,74,129)}であることから、施肥窒素利用率の向上を図ることにより大幅な減肥が可能と考えられる。

ネギ栽培では、これまで作業労力を多く要する地床育苗であったが、軽労化を図ったチェーンポット育苗¹⁶⁾が開発され、1995年頃から千葉県内の主流となっている。チェーンポット育苗とは、水稲用育苗箱に鎖状につながったペーパーポットを敷き、そこに培養土を詰めて播種し、短期間で定植用稚苗をつくる方法である。ところが、県の施肥基準⁹⁾は、従来の地床育苗した大苗利用を前提として設定されている。したがって、育苗および定植方法が大きく変わるチェーンポット育苗によるネギ栽培には、それに適した施肥量があると考えられる。

以上のような背景から、ネギ栽培の新しい減肥技術としてチェーンポット育苗の培養土に直接施肥する育苗箱施肥を検討した。これは著者の研究グループが開発したキャベツのセル内施肥³⁰⁾をヒントに考案したもので、チェーンポット内施肥と命名した。

2. 材料および方法

【試験1】追肥窒素量を一定にした場合のチェーンポット内施肥窒素量の検討

1) 試験場所

試験場所は、千葉県農業総合研究センター(千葉市)の露地ほ場とした。土壌は、表層腐植質黒ボク土(米神統)で、土性は壤土である。土壌の化学性は、全炭素3.54%、全窒素0.26%、ECは8.1mS m⁻¹、pH(H₂O)は6.2で、土壌中硝酸態窒素は3.7mg kg⁻¹である。前作はニンジンである。

2) 試験設計

ネギの作型は、2月まきの夏どりとした。チェーンポット内に施用した肥効調節型肥料は、被覆燐硝安100日タイプ(2401-100S:チッソ旭肥料社、東京)とした。被覆燐硝安のチェーンポット内の施用は、育苗箱毎に行った。培養土5Lと所定量の被覆燐硝安(101~304g/箱)を混合し、育苗箱内に敷いたペーパーポット内に約4.5Lを詰め、そこに専用播種機をもちいて播種し、残りの被覆燐硝安を含んだ培養土で覆土した。試験区は、追肥窒素量を標準施肥と同等の160kg ha⁻¹一定にして、チェーンポット内施肥窒素量のレベルを変えて設定した。試験区を第1表に示す。

標準区は、千葉県施肥基準⁹⁾に準じ、チェーンポット内には窒素無施肥で、基肥窒素80kg ha⁻¹をCDU化成(N-P₂O₅-K₂O=15-15-15)で全面全層施用とした。供試面積は、1区22.5m²で3反復とした。無窒素区は、チェーンポット内および基肥と追肥を窒素無施肥とした。被覆燐硝安100日タイプの成分は、N-P₂O₅-K₂O=24-1-0であるため、リン酸は、BM熔リン(N-P₂O₅-K₂O=0-20-0)を用いて各区200kg ha⁻¹、加里は、硫酸加里(N-P₂O₅-K₂O=0-0-50)を用いて各区150kg ha⁻¹をそれぞれ基肥として全面全層に施用した。また、粒状苦土石灰(アルカリ分55%、可溶性苦土15%)1Mg ha⁻¹および粗がら入り完熟牛ふん堆肥(N-P₂O₅-K₂O=1.02-1.02-1.29)10Mg ha⁻¹を各区に全面全層で施用した。

第1表 追肥窒素量を一定にした場合のチェーンポット内施肥窒素量の試験区

試験区	チェーンポット内施肥窒素量(kgha ⁻¹)	本ほ施肥窒素量		総施肥窒素量(kgha ⁻¹)	減肥率(%)
		基肥(kgha ⁻¹)	追肥(kgha ⁻¹)		
標準	—	80	160	240	—
ポット内20kg	20	—	160	180	25
ポット内40kg	40	—	160	200	17
ポット内60kg	60	—	160	220	8
無窒素	—	—	—	0	100

注) 減肥率は、標準区の総施肥窒素量に対する減少割合である。

3) 耕種概要

供試品種は、「吉蔵」(武蔵野種苗)でコーティング種子である。播種は2004年2月10日に行った。チェーンポット(CP-303、日本甜菜製糖社、東京)は、1冊264穴(1穴:径3cm、高さ3cm)が長さ13.5mでチェーン状に連結している。育苗箱は、水稲用トレイ(縦30cm×横60cm×高さ4cm)を用い、育苗箱にチェーンポット1冊をセットして培養土(商品名:げんきくん果菜200、コーケミカル社、東京)を充填した。げんきくん果菜200の窒素成分は、200mg L⁻¹である。播種は、チェーンポット1穴当たり2.5粒(1穴3粒用の播種板を改良し2粒と3粒を各穴へ交互に播く)とした。播種量は543,200粒ha⁻¹とした。チェーンポットは823冊ha⁻¹とした。育苗時の床温は、発芽を均一にするために播種から10日間のみ20℃一定とした。育苗時の灌水は、9時と13時に苗を観察して培養土の表面が乾いていれば、ホースに噴頭を付けて行った。定植は畦間90cm、溝幅30cm、深さ10cmに、チェーンポット専用定植機(商品名:ひっぱりくん、日本甜菜製糖社、東京)を用いて3月24日に行った。専用定植機(ひっぱりくん)は、移植を手作業で行う必要がなく、溝部に沿って人がこの定植機を引くことで、チェーン状に連結している苗を簡単に定植できる。追肥は、燐硝安加里(N-P₂O₅-K₂O=15-15-12)を用いて窒素成分で1回当たり40kg ha⁻¹を5月24日、6月8日、7月9日、7月30日の4回で施用した。土寄せは、追肥と同日に4回および6月29日の合計5回行った。収穫は2004年9月2日に行った。

4) 肥効調節型肥料の窒素溶出率測定方法

被覆燐硝安140日タイプ5.00gを培養土100gに均一混和し、それを目合い1mmメッシュのポリエチレン製網袋(縦20cm、横15cm)に包んで、播種時に培養土を充填した育苗箱へ埋設した。次に、ネギ定植時に、育苗箱に埋設した網袋を取り出し、ネギほ場の深さ10cmに埋設した。その後ネギ土寄せ時に、埋設した網袋の上にも土寄せし、埋設深度をほ場条件と合わせた。肥料の入った網袋は、定植時およびその後約1ヶ月毎に掘り出した。掘り出した肥料は、付着した土壌を水で洗い、水分を拭きとった後、乳鉢中で蒸留水を加えながらすりつぶした。懸

濁状とした肥料液を500mLのメスフラスコに移し、蒸留水を加えて約400mLとし、往復振とう機で30分間振り混ぜた後、標線まで水を加えた。被覆燐硝安の無機態窒素溶出量は、不純物をろ紙(No.6)で取り除き、イオンクロマトグラフィー(イオンクロマトシステム、日立製作所社製)によりアンモニア態窒素と硝酸態窒素を測定した。

5) 生育、収量および施肥窒素利用率の調査方法

生育および収量調査は、千葉県野菜試験研究調査基準¹⁾によった。ただし、調製収量については、出荷規格²⁾では軟白長27cm以上および太さ1.0cm以上のものと2重の基準があるが、本報では全株を対象とした。ネギは、根を切断後、3葉を残して軟白が見えるまで剥き、長さ60cmに切り、それを調製重とした。生育調査は1区0.9m²(重量は全株を、生育は中庸な株20本を対象とした)の3反復、収量調査は1区1.35m²(重量は全株を、生育は中庸な株30本を対象とした)の3反復とした。施肥窒素利用率は、各施肥区の窒素吸収量から無窒素区の窒素吸収量を引き、各施肥区の施肥窒素量で除した。

6) 植物体の全窒素分析法

第1回追肥時および収穫時に掘り出したネギを、水洗いし、80℃、3日間通風乾燥後、粉碎し、NCアナライザー(スミグラフNC-900、住化分析センター社製、東京)で全窒素を測定した。

7) 土壌中硝酸態窒素分析法

施肥前の土壌は、深さ0~60cmにおいて15cm層毎に、各ほ場の2ヶ所から採取し、それを混合して1サンプルとした。これを3反復のほ場でそれぞれ実施した。収穫終了直後の土壌は、土寄せした土壌を平らにした後、ネギ植え付け直下の位置から前記と同様に採取した。土壌の硝酸態窒素量は、生土20gに100mLの蒸留水を加えて30分間振とうし、ろ過後、オートアナライザー(トラックス800、ブランルーベ社製、東京)により分析した。

【試験2】チェーンポット内施肥における追肥窒素量の検討

1) 試験場所

試験場所は、試験1と同じである。ほ場の土壌ECは16.4mS m⁻¹、pH(H₂O)は5.7で、前作はネギである。

第2表 チェーンポット内施肥における追肥窒素量の試験区

試験区	チェーンポット 内施肥窒素量 (kgha ⁻¹)	本ほ施肥窒素量		総施肥窒素量 (kgha ⁻¹)	減肥率 (%)
		基肥 (kgha ⁻¹)	追肥 (kgha ⁻¹)		
標準	—	80	160(40×4回)	240	—
追肥60kg	60	—	60(20×3回)	120	50
追肥90kg	60	—	90(30×3回)	150	38
追肥120kg	60	—	120(40×3回)	180	25
無窒素	—	—	—	0	100

注) 減肥率は、標準区の総施肥窒素量に対する減少割合である。

2) 試験設計

試験区は、試験1の結果からチェーンポット内施肥窒素量を60kg ha⁻¹とし、追肥窒素量のレベルを変えて設定した。追肥区の追肥回数は、試験1の結果から4回から3回に減らした。試験区を第2表に示す。標準区および無窒素区は、試験1と同じとした。

3) 耕種概要

播種は2005年2月16日、定植は3月31日に行った。標準区の追肥は、追肥Ⅰが6月7日、追肥Ⅱが7月8日、追肥Ⅲが8月1日、追肥Ⅳが8月22日の4回に分けて施用した。各追肥区の追肥は、追肥Ⅰを除いた。土寄せは標準区の追肥に合わせて各区4回行った。収穫は2005年9月16日に行った。その他の栽培概要は、試験1と同じとした。

4) 肥効調節型肥料の窒素溶出率測定方法、5) 生育、収量および施肥窒素利用率の調査方法、6) 植物体の全窒素分析法、7) 土壤中硝酸態窒素分析法は、試験1に準じた。

3. 結果

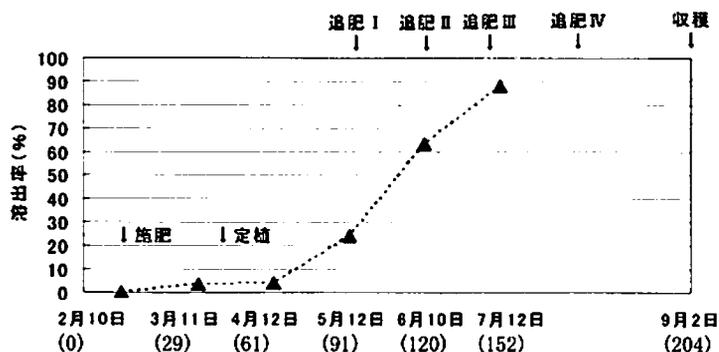
【試験1】追肥窒素量を一定にした場合のチェーンポット内施肥窒素量の検討

被覆燐硝安100日タイプの無機態窒素溶出率は、定植直前の3月11日では3.3%と育苗期間中にはほとんど溶出しなかった。また、追肥2回目直後である6月10日の無機態窒素溶出率は、63.5%であった(第1図)。

追肥開始前のネギの生育は、ポット内20kg区が1本重と総重が標準区と比べて少なかったが、ポット内40kg区とポット内60kg区では、草丈、葉鞘長、葉鞘径、生葉数および総重の項目で標準区と差がなかった。しかし、ポット内40kg区の1本重は標準区に比べて平均値が少なかった。一方、各ポット内施肥区のネギの生育は障害が認められなかった。窒素吸収量は、標準区が9.7kg ha⁻¹に対し、ポット内20kg区は7.1kg ha⁻¹と少なかったが、ポット内40kg区が9.2kg ha⁻¹、ポット内60kg区が9.1kg ha⁻¹と同等であった(第3表)。

収穫時のネギの生育は、ポット内20kg区が標準区と比べ草丈が低く、葉鞘径が劣り1本重も少なかった(第4表)。ポット内40kg区では1本重で平均値が少なかった。ポット内60kg区では、すべての調査項目で標準区と同等であった。窒素吸収量は、標準区で93kg ha⁻¹に対し、ポット内20kg区が74kg ha⁻¹と少なく、ポット内40kg区で91kg ha⁻¹、ポット内60kg区で102kg ha⁻¹と同等であった。施肥窒素利用率は、標準区の26%に対し、ポット内40kg区が31%、ポット内60kg区が33%と向上した。収量の総重量および調製重は、ポット内20kg区が標準区と比べ少なかったが、ポット内40kg区では統計的な差は認められないものの少ない傾向を示し、ポット内60kg区では同等であった(第2図)。調製重は、ポット内60kg区が34,340kg ha⁻¹と千葉県施肥基準の目標収量(35,000kg ha⁻¹)をほぼ確保できた。

収穫直後の土壤中硝酸態窒素量は、ポット内20kg区の



第1図 被覆燐硝安100日タイプの無機態窒素溶出率の推移(2004年)

注1) 追肥Ⅰ～Ⅳは、標準区における追肥時期を示す。

注2) ()内は、施肥後の経過日数を示す。

第3表 追肥窒素量を一定にした場合のチェーンポット内施肥窒素量が追肥開始前のネギの生育と窒素吸収量に及ぼす影響 (2004年5月24日調査)

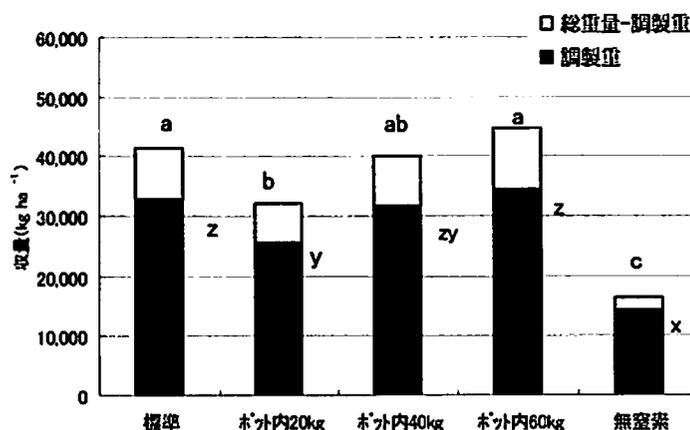
	生育調査						
	草丈 (cm)	葉鞘長 (cm)	葉鞘径 (mm)	生葉数 (枚)	1本重 (g)	総重 (kg ha ⁻¹)	窒素吸収量 (kg ha ⁻¹)
標準	42 a	5.2 a	7.9 a	3.9 a	12.4 a	4,121 a	9.7 a
ポット内20kg	39 ab	5.2 a	7.0 ab	3.2 ab	8.4 bc	3,010 b	7.1 b
ポット内40kg	39 a	5.6 a	7.9 a	3.7 a	11.0 ab	3,926 a	9.2 a
ポット内60kg	40 a	5.4 a	8.0 a	3.8 a	11.9 a	3,901 a	9.1 a
無窒素	34 b	3.9 b	6.1 b	2.6 b	6.6 c	1,906 c	4.5 c

注) 異なる英小文字は、Tukey法により5%水準で有意差あり。n = 3。

第4表 追肥窒素量を一定にした場合のチェーンポット内施肥窒素量が収穫時のネギの生育と窒素吸収量に及ぼす影響 (2004年9月2日調査)

試験区	生育調査					窒素吸収量 (kg ha ⁻¹)	施肥窒素 利用率 (%)
	草丈 (cm)	葉鞘長 (cm)	葉鞘径 (mm)	生葉数 (枚)	1本重 (g)		
標準	84 ab	36 a	16 a	3.5 a	116 a	93 a	26
ポット内20kg	83 b	35 a	14 b	3.3 a	92 b	74 b	24
ポット内40kg	84 ab	36 a	15 a	3.3 a	111 ab	91 a	31
ポット内60kg	88 a	36 a	16 a	3.5 a	123 a	102 a	33
無窒素	75 c	31 b	11 c	2.4 b	50 c	30 c	

注) 異なる英小文字は、Tukey法により5%水準で有意差あり。n=3。



第2図 追肥窒素量を一定にした場合のチェーンポット内施肥窒素量がネギの収量に及ぼす影響 (2004年)

注1) 異なる英小文字は、Tukey法により5%水準で有意差あり。n=3。

2) abcは総重量、xyzは調整重に対して有意差を示す。

第5表 チェーンポット内施肥における追肥前のネギの生育と窒素吸収量 (2005年6月1日調査)

試験区	生育調査					総重 (kg ha ⁻¹)	窒素吸収量 (kg ha ⁻¹)
	草丈 (cm)	葉鞘長 (cm)	葉鞘径 (mm)	生葉数 (枚)	1本重 (g)		
標準	39 a	6.6 a	7.7 a	3.4 a	13 a	6,122 a	11.6 b
追肥	38 a	7.5 a	7.5 a	3.5 a	12 a	6,044 a	14.9 a
無窒素	27 b	6.1 a	5.2 b	3.0 b	5 b	2,367 b	4.2 c

注) 異なる英小文字は、Tukey法により5%水準で有意差あり。n=3。

第6表 チェーンポット内施肥における追肥窒素量が収穫時のネギの生育と窒素吸収量に及ぼす影響 (2005年9月16日調査)

試験区	生育調査					窒素 吸収量 (kg ha ⁻¹)	施肥窒素 利用率 (%)
	草丈 (cm)	葉鞘長 (cm)	葉鞘径 (mm)	生葉数 (枚)	1本重 (g)		
標準	88 a	28 a	19 a	5.0 a	148 a	104 ab	25
追肥60kg	85 a	27 a	19 a	4.7 a	136 a	98 b	45
追肥90kg	86 a	28 a	20 a	5.0 a	149 a	109 ab	43
追肥120kg	87 a	28 a	19 a	4.9 a	154 a	116 a	40
無窒素	72 b	25 a	13 b	3.6 b	65 b	44 c	

注) 異なる英小文字は、Tukey法により5%水準で有意差あり。n=3。

0~30cmの各層で標準区より少なく、ポット内40kg区とポット内60kg区では0~60cmのいずれの層とも標準区とほぼ同等であった(データ省略)。

以上のことから、追肥開始前の生育、収穫時の生育、収量および収穫直後の土壤中硝酸態窒素量から判断し

て、チェーンポット内の施肥窒素量は、60kg ha⁻¹が適すると考えられた。また、供試肥料の被覆燐硝安100日タイプの窒素溶出率は、追肥Ⅱ(6月8日)の直後で63.5%で、まだ、窒素成分が残存していた。したがって、追肥Ⅰ(5月24日)は省略でき、追肥回数を合計3回に減

らすことが可能と考えられた。

【試験2】チェーンポット内施肥における追肥窒素量の検討

被覆燐硝安100日タイプの無機態窒素溶出率は、定植時では2.2%と育苗期間中には、ほとんど溶出しなかった。また、追肥区の追肥（標準追肥2回目）直前である6月30日の無機態窒素溶出率は、71.0%であった（データ省略）。

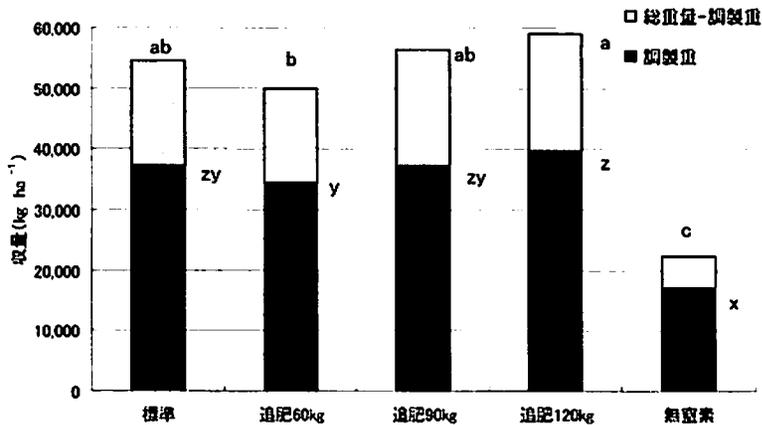
追肥開始前のネギの生育は、追肥区では、各項目とも標準区と差がなかった。窒素吸収量は、追肥区が14.9kg ha⁻¹で、標準区の11.6kg ha⁻¹より多かった（第5表）。

収穫時のネギの生育は、追肥60kg区では生葉数と1本重が標準区と比べ平均値が劣り、追肥90kg区および追肥120kg区では、草丈、1本重などすべての生育調査項目で差がなかった（第6表）。窒素吸収量は、追肥90kg区が109kg ha⁻¹、追肥120kg区が116kg ha⁻¹と標準区の104kg ha⁻¹同等か、それ以上であったのに対し、追肥60kg区が98kg ha⁻¹であった。また、施肥窒素利用率は、標準区25%に対し、追肥90kg区で43%、追肥120kg区で40%に向上

した。収穫時のネギの収量は、追肥60kg区の総重量、調製重がともに標準区と比べ統計的な差はないものの劣る傾向を示したが、追肥90kg区および追肥120kg区では同等か、それ以上で、特に調製重では追肥90kg区で37,280kg ha⁻¹、追肥120kg区で39,180kg ha⁻¹と千葉県施肥基準の目標収量（35,000kg ha⁻¹）を上回った（第3図）。

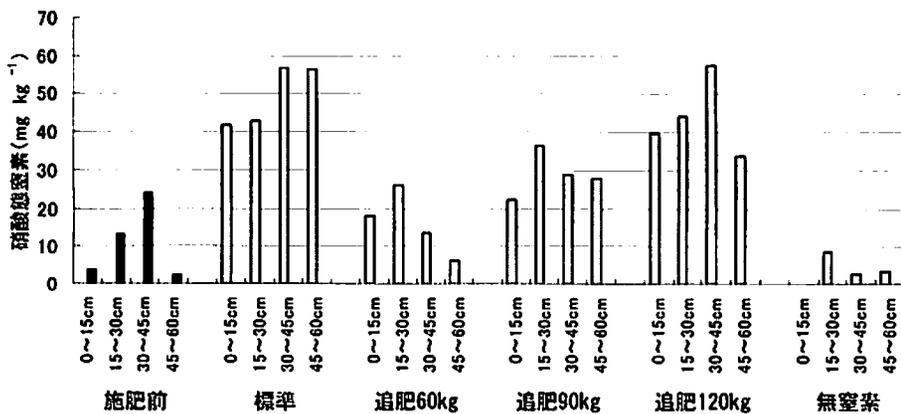
収穫直後の土壌中硝酸態窒素量は、標準区が0~30cmの各層で40mg kg⁻¹以上、30~60cmの各層で50mg kg⁻¹以上に対し、追肥60kg区では15~30cm層を除いて、いずれの層でも20mg kg⁻¹以下、追肥90kg区も15~30cm層を除いて、いずれの層でも30mg kg⁻¹以下と明らかに減少した。追肥120kg区では、慣行区と比べ0~45cm層で同等、45~60cm層で明らかに減少した（第4図）。

以上のことから、追肥開始前の生育、収穫時の生育、収量および収穫直後の土壌中硝酸態窒素量から判断して、チェーンポット内施肥窒素60kg ha⁻¹の場合、追肥窒素量は、30kg ha⁻¹を3回で施用する90kg ha⁻¹が適すると考えられた。



第3図 チェーンポット内施肥における追肥窒素量が収量に及ぼす影響(2005年)

注1) 異なる英小文字は、Tukey法により5%水準で有意差あり。n = 3。
2) abcdは総重量、xyzは調製重に対して有意差を示す。



第4図 チェーンポット内施肥における追肥窒素量が収穫跡地の土壌中硝酸態窒素量に及ぼす影響(2005年)

4. 考察

千葉県におけるネギのチェーンポット育苗の普及率は、市場出荷農家を対象とした場合80%を超えている(2005年現在、千葉県農業普及指導員の調査による)。本育苗法がネギ栽培者に広く受け入れられた理由は、作業の省力化、軽労化と作業時間の短縮にあると考えられる。相楽²⁹⁾によれば従来の地床育苗では、ネギ1haを栽培するのに育苗面積が0.2ha必要で、育苗期間が約3ヶ月である。一方、チェーンポット育苗では、播種面積が0.05ha(育苗箱約800個)で育苗期間が2ヶ月弱である。また、土屋¹⁶⁾によれば播種から定植までの作業時間は、地床育苗が約1,430時間であるのに対し、チェーンポット育苗では、約210時間で、85%も短縮されたことになる。

西畑ら⁷⁾は、ネギのチェーンポット内へ肥効調節型肥料LPS60(チッソ旭肥料社)とLPS160(同)を1:2に混合して施用したが、濃度障害によりネギの発根が制限されて生育抑制が認められたと報告している。西畑らが供試した肥料LPS60とLPS160は、初期の窒素溶出を抑えるシグモイドタイプであるが、初期から中期に25℃一定で10%程度溶出する(チッソ旭肥料社による)ため、育苗中に窒素濃度が高くなり苗の生育に障害が発生したと考えられる。

一方、岩佐ら³⁰⁾は、キャベツのセル内施肥において、初期溶出を極限まで抑えた被覆燐硝安70日タイプ(2401-70S)を利用することで、1ヶ月弱の育苗期間中に濃度障害は発生せず、最高で60%の減肥に成功している。以上のことから、ネギのチェーンポット内にこのような初期溶出抑制型の肥効調節型肥料を施用することにより、育苗箱施肥で問題になる育苗時の濃度障害が回避でき、究極の局所施肥として施肥窒素利用率が向上し、減肥できるという考えに立って本研究に着手した。

初期溶出抑制型の肥効調節型肥料として、キャベツセル内施肥に使用したものと同タイプの被覆燐硝安を選定した。ただし、夏ネギのチェーンポット育苗期間は2ヶ月弱で、在ほ期間もキャベツより長いことを考慮して被覆燐硝安の100日タイプ(2401-100S)を採用した。ここで、今回のチェーンポット内施肥においては、苗の濃度障害は発生しなかったことから、育苗中の窒素溶出量を算出した。被覆燐硝安100日タイプのチェーンポット内施肥における育苗中の窒素溶出率は、3.3%である(2004年)。本肥料の窒素溶出率は、温度25℃一定の場合、施肥後30日までが3%以下、施肥後30~100日にかけて80%(チッソ旭肥料社による)とされるが、ほぼ理論通りであった。ポット内施肥窒素量60kg ha⁻¹の場合、チェーンポット育苗箱に施用した肥料は304g/箱であり、育苗期間中

に溶出した窒素は2.41g/箱となる。また、使用した培養土中に窒素が200mg L⁻¹あり1.00g/箱含まれる。したがって、チェーンポット育苗培養土内には、窒素が最大で3.41g/箱存在する。育苗培養土の水分率が30%と仮定すると育苗箱内の窒素濃度は2,570mg L⁻¹となる。しかし、これは理論上溶出する累積値であって、肥料窒素は、育苗期間中に毎日少量ずつ溶出することおよびネギが窒素を吸収することなどを考えると、現実的には2,000mg L⁻¹を超えることはないと考えられる。

著者はチェーンポット育苗28日目のネギ苗を供試して、溶液中の硝酸態窒素濃度と生育との関係を検討した。硝酸態窒素濃度4,000mg L⁻¹溶液に3日間浸漬させると、3日目には葉色が濃くなり、約80%の株の葉先が萎縮した。また、硝酸態窒素濃度2,000mg L⁻¹溶液ではほとんど正常であった(データ省略)。したがって、被覆燐硝安100日タイプを供試したチェーンポット内施肥では、育苗期間中にネギ苗に濃度障害が発生しない程度に窒素を抑制できたと判断した。

栽培跡地における土壤中硝酸態窒素量は、チェーンポット内施肥の追肥90kg区が標準区に対し、0~60cmのいずれの層でも減少した。また、追肥120kg区の45~60cm層の土壤中硝酸態窒素量は追肥90kg区と同等で、標準区と比べて明らかに少なかった。標準区の下層で土壤中硝酸態窒素量が多かったことは、窒素吸収量の2倍程度を施用し、吸収できなかった窒素が溶脱して集積した結果と考えられる。標準区は、全面全層施肥であるため、ネギが主として作土層の施肥窒素を吸収するのに対して、チェーンポット内施肥では、施肥窒素が植え付け位置周辺に集中しているため、効率よく窒素を吸収することができ、その結果、窒素の溶脱量が標準区よりも少なく、下層の窒素が少なかったと考えられる。林ら²⁾によればネギの窒素吸収根域は、概ね0~20cm層と報告しているが、チェーンポット育苗のネギは、定植位置が表層より10cm程度低く植えつけられることで、深さ0~30cm程度の土壤中硝酸態窒素をネギが吸収すると考えられた(第4図)。

ネギの減肥に関する技術は、定植時に溝部分に局所施肥する溝施肥が報告されている。今野ら⁵²⁾は、チェーンポット苗を利用した秋冬どり栽培において、CDU複合燐加安と被覆燐硝安加里ロング424(100日タイプ、チッソ旭肥料社)で基肥全量溝施肥し追肥なしで、標準窒素施肥量(250kg ha⁻¹)の20%減肥で収量が増加したと報告している。田中らは、セル成型苗を利用して基肥全量溝施肥を夏どり¹¹³⁾と秋冬どり¹¹⁴⁾栽培で検討している。夏どり栽培では、CDU入りロング複合S712(100日タイプ、チッソ旭肥料社)を溝施肥し追肥なしで、標準窒素

施肥量 (280kg ha⁻¹) の40%減肥を達成している。これらの報告では、ネギ定植時に溝施肥として速効性肥料と肥効調節型肥料を組み合わせた基肥全量施肥で減肥を達成している。ネギの溝施肥は、溝幅約30cmに肥料を施用する。一方、著者が提示したチェーンポット内施肥は、チェーンポット幅すなわち、溝幅約3cmに肥料を施用したことになる。したがって、チェーンポット内施肥は、溝施肥に比べて施肥幅が約1/10であることから、より局所的な施肥法と考えられる。また、今回のチェーンポット内施肥では、減肥率が38%にとどまったが、多肥栽培が行われてきた現地のネギほ場では土壤残存窒素が多く、追肥窒素をさらに減少させることが可能と考えられた。

以上のように、夏どりネギにおけるチェーンポット内施肥では、初期の窒素溶出を抑えたシグモイド型の肥効調節型肥料である被覆燐硝安を施用することで、育苗中の苗に濃度障害をおこすこともなく、標準施肥と同等の収量が得られた。本施肥法は、施肥窒素利用率が標準施肥と比べて向上することにより、大幅な減肥が実現でき、跡地の土壤中残存窒素量も減少したことから、環境負荷も軽減できる画期的な新技術であると結論づけた。

第2節 チェーンポット内全量窒素施肥が生育および収量に及ぼす影響

1. 緒言

第1節では、窒素の初期溶出抑制にすぐれた被覆燐硝安の100日タイプ (2401-100S、チッソ旭肥料) を用いて、育苗箱施肥と追肥を組み合わせた体系のチェーンポット内施肥を考案した。その後、新たに被覆燐硝安140日タイプ (2401-140S、チッソ旭肥料) が開発された。ネギの生育期間が、夏どりおよび秋冬どり栽培とも、育苗に2ヶ月弱およびほ場で6ヶ月程度であることを考慮すると、140日タイプを利用することで追肥を省略したチェーンポット内全量窒素施肥が可能と考えられたので、その点について検討した。

2. 材料および方法

【試験1】夏どりネギにおけるチェーンポット内全量窒素施肥の検討

1) 試験場所

試験場所は、千葉県農業総合研究センター (千葉市) 内の育苗ガラスハウスおよび露地ほ場とした。土壤は、表層腐植質黒ボク土 (米神統) で、土性は壤土である。施肥前土壤のECは16.0mS m⁻¹、pH(H₂O) は5.7で、前作はネギである。

2) 試験設計

ネギの作型は、2月まきの夏どりとした。チェーンポット内に施用した窒素肥料は、肥効調節型肥料の被覆燐硝安140日タイプとした。被覆燐硝安のチェーンポット内の施用は、育苗箱毎に行った。培養土5Lと所定量の被覆燐硝安 (456~760g/箱) を混合し、育苗箱内に敷いたペーパーポット内に約4.5Lを詰めた。そこに専用播種機を用いて播種し、残りの被覆燐硝安を含んだ培養土で覆土した。試験区は、第7表に示した。チェーンポット内施肥窒素量のレベルを90kg ha⁻¹、120kg ha⁻¹、150kg ha⁻¹の3水準に設定した。標準区は、千葉県施肥基準⁹⁾に準じ、チェーンポット内には窒素無施肥で、基肥窒素80kg ha⁻¹をCDU化成 (N-P₂O₅-K₂O=15-15-15) で全面全層施用とした。追肥窒素160kg ha⁻¹を燐硝安加里S552 (N-P₂O₅-K₂O=15-15-12) で施用した。無窒素区は、チェーンポット内および基肥と追肥を窒素無施肥とした。

被覆燐硝安140日タイプの成分は、N-P₂O₅-K₂O=24-1-0であるため、リン酸は、BM熔リン (N-P₂O₅-K₂O=0-20-0) を用いて各区200kg ha⁻¹、加里は、硫酸加里 (N-P₂O₅-K₂O=0-0-50) を用いて各区150kg ha⁻¹をそれぞれ基肥として試験ほ場の全面全層に施用した。また、粒状苦土石灰 (アルカリ分55%、可溶性苦土15%) 1Mg ha⁻¹および珪がら入り完熟牛ふん堆肥 (N-P₂O₅-K₂O=1.02-1.02-1.29) 10Mg ha⁻¹を各区に全面全層で施用した。

3) 耕種概要

供試品種は、「吉蔵」(武蔵野種苗) でコーティング種子である。播種は2005年2月16日に行った。水稻用育苗

第7表 夏どりネギのチェーンポット内全量窒素施肥の試験区

試験区	チェーンポット内施肥窒素量 (kg ha ⁻¹)	本ほ施肥窒素量		総施肥量 (kg ha ⁻¹)	減肥率 (%)
		基肥 (kg ha ⁻¹)	追肥 (kg ha ⁻¹)		
標準	—	80	160 (40×4回)	240	—
ポット内90kg	90	—	—	90	63
ポット内120kg	120	—	—	120	50
ポット内150kg	150	—	—	150	38
無窒素	—	—	—	0	100

注) 減肥率は、標準区に対する各区の総施肥窒素量の減少割合である。

トレイ (縦30cm×横60cm×高さ4cm) にチェーンポット (CP-303、日本甜菜製糖社) 1冊をセットして培養土 (商品名:げんきくん果菜200、コープケミカル社) および試験に沿った窒素肥料を充填した。播種は、チェーンポット1穴当たり2.5粒 (1穴3粒用の播種板を改良し2粒と3粒を各穴へ交互に播く) とした。定植は、畦間90cm、溝幅30cm、深さ10cmに、チェーンポット専用定植機 (商品名:ひっぱりくん、日本甜菜製糖社) を用いて3月31日に行った。したがって、チェーンポット内施肥区ではグラントレベルより約10cm下に施肥したことになる。標準区の追肥は、燐硝安加里を用いて窒素成分で1回当たり40kg ha⁻¹を6月7日、7月8日、8月1日、8月22日の4回で施用した。土寄せは、標準区の追肥に併せてすべての試験区とも4回行った。収穫は2005年9月16日に行った。供試面積は、1区22.5m²で3反復とした。

4) 肥効調節型肥料の窒素溶出率測定方法

被覆燐硝安100日タイプ5.00gを培養土100gに均一混和し、それを目合い1mmメッシュのポリエチレン製網袋 (縦20cm、横15cm) に包んで、播種時に培養土を充填した育苗箱へ埋設した。次に、ネギ定植時に、育苗箱に埋設した網袋を取り出し、ネギほ場の深さ10cmに埋設した。その後ネギ土寄せ時に、埋設した網袋の上にも土寄せし、埋設深度をほ場条件と合わせた。肥料の入った網袋は、定植時およびその後約1ヵ月毎に掘り出した。被覆燐硝安の無機態窒素溶出量は、掘り出した肥料を水洗いして、磨砕し水抽出後、オートアナライザー (イオンクロマトシステム、日立製作所社製、東京) で分析した。

5) 生育および収量調査方法

生育および収量調査は、千葉県野菜試験研究調査基準¹⁾ によった。ただし、調製収量については、出荷規格³⁾ では軟白長27cm以上および太さ1.0cm以上のものと2重の基準があるが、本報では全株を対象とした。すなわち、根を切断後、3葉を残して軟白が見えるまで剥き、長さ60cmに切り、それを調製重とした。定植時の苗質調査は1区20株の3反復、標準区の追肥前における生育調査は1区0.9m² (重量は全株を、生育は中庸な株20本を対象

とした) の3反復、収量調査は1区1.35m² (重量は全株を、生育は中庸な株30本を対象とした) の3反復とした。

6) 植物体の全窒素分析法

第1回追肥時および収穫時のネギは、水洗いし、80℃、3日間通風乾燥後、粉碎し、NCアナライザー (スミグラフNC-900、住化分析センター社製) で全窒素を測定した。

7) 土壌中硝酸態窒素分析法

施肥前の土壌試料は、深さ0~60cmにおいて15cm層毎に、各ほ場の2ヶ所から採取し、それを混合して1サンプルとした。これを3反復のほ場でそれぞれ実施した。収穫終了直後の土壌試料は、土寄せした土壌を平らにした後、ネギ植え付け直下の位置から前記と同様に採取した。土壌の硝酸態窒素量は、生土20gに100mLの蒸留水を加えて30分間振とうし、ろ過後、オートアナライザー (トラックス800、ブランルーベ社製) により分析した。

【試験2】冬どりネギにおけるチェーンポット内全量窒素施肥の検討

1) 試験場所

試験場所は、試験1に同じとした。施肥前土壌のECは7.0mS m⁻¹、pH(H₂O)は5.9である。前作はネギである。

2) 試験設計

ネギの作型は、5月まきの冬どりとした。チェーンポット内に施用した窒素肥料および試験区のチェーンポット内施肥窒素量のレベルは、試験1に同じとした。試験区は、第8表に示した。

標準区は、現地で広く利用されている秋冬どりの標準施肥¹⁾に準じ、チェーンポット内には窒素無施肥で、基肥窒素120kg ha⁻¹をCDU化成で全面全層施用とした。追肥窒素120kg ha⁻¹を燐硝安加里S552で施用した。無窒素区は試験1に同じとした。

3) 耕種概要

播種は2005年5月31日、定植は7月7日に行った。標準区の追肥は、燐硝安加里S552を用いて窒素成分で1回当たり40kg ha⁻¹を、9月8日、10月28日、11月28日の3回に分けて施用した。土寄せは、標準区の追肥に併せて3回および10月12日、11月18日の計5回行った。収穫は

第8表 冬どりネギのチェーンポット内全量窒素施肥の試験区

試験区	チェーンポット 内施肥窒素量 (kg ha ⁻¹)	本ほ施肥窒素量		総施肥量 (kg ha ⁻¹)	減肥率 (%)
		基肥 (kg ha ⁻¹)	追肥 (kg ha ⁻¹)		
標準	—	120	120(40×3回)	240	—
ポット内90kg	90	—	—	90	63
ポット内120kg	120	—	—	120	50
ポット内150kg	150	—	—	150	38
無窒素	—	—	—	0	100

注) 減肥率は、標準区に対する各区の総施肥窒素量の減少割合である。

2006年1月18日に行った。その他の栽培概要は、試験1と同じとした。

4) 肥効調節型肥料の窒素溶出率測定方法、5) 生育および収量調査方法、6) 植物体の全窒素分析法、7) 土壌中硝酸態窒素分析法は、試験1に準じた。

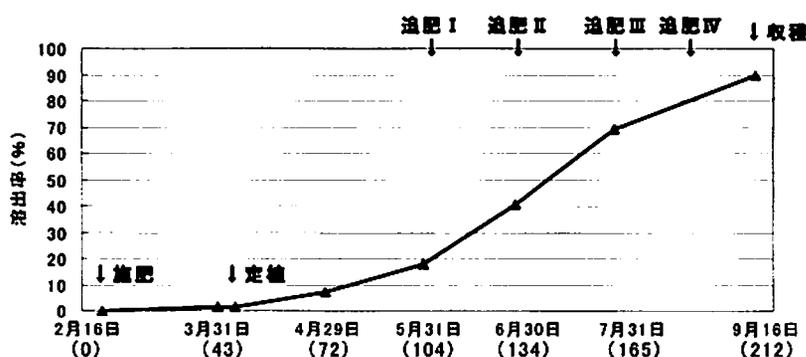
3. 結果

【試験1】夏どりネギにおけるチェーンポット内全量窒素施肥の検討

被覆燐硝安140日タイプの無機態窒素溶出率は、定植時で1.6%であり、育苗期間中にはほとんど溶出しなかった(第5図)。ほ場埋設後の溶出率はゆるやかに上昇し、追肥Ⅰの時期には約25%、追肥Ⅱの時期には約45%になった。また、収穫時の無機態窒素溶出率は89.7%であった。

ネギの発芽は、観察によればコーティング種子の利用により、いずれの処理区でも良好であった。また、育苗期間中に苗はいずれの処理区においても障害が見られなかった。定植時の苗質は、標準区に比べてポット内90kg区およびポット内120kg区の草丈と1本重が同等で、ポット150kg区の草丈と1本重が有意に優れた(第9表)。また、定植時の苗の根は、いずれの処理区でも健全で、障害は認められなかった。

追肥開始前のネギの生育は、標準区と比べてポット内90kg区の1本重が軽いものの株数が多くて総重量が同等であったが、ポット内120kg区およびポット内150kg区では、1本重が重い傾向を示し株数も多いことから総重量が有意に優れた(第10表)。また、この時点で窒素吸収量は、各ポット内施肥区とも標準区と有意差はなく同等であったが、ポット内150kg区はポット内90kg区と比べ



第5図 夏どりネギにおける被覆燐硝安140日タイプの無機態窒素溶出率の推移 (2005年)

注1) 追肥Ⅰ～Ⅳは、標準施肥区における時期を示す。

2) () は、施肥後の日数を示す。

第9表 夏どりネギのチェーンポット内全量窒素施肥量における定植時の苗質 (2005年3月31日調査)

試験区	草丈 (cm)	1本重 (g)
標準	15.0 b	0.24 b
ポット内90kg	15.7 ab	0.28 b
ポット内120kg	16.0 ab	0.28 b
ポット内150kg	18.1 a	0.36 a

注) 異なる英小文字は、Tukey法により5%水準で有意差あり。n = 3。

第10表 夏どりネギのチェーンポット内全量窒素施肥量が標準区の追肥開始前の生育と窒素吸収量に及ぼす影響 (2005年6月1日調査)

試験区	生育調査					株数 (本/m ²)	総重量 (kg ha ⁻¹)	窒素吸収量 (kg ha ⁻¹)
	草丈 (cm)	葉鞘長 (cm)	葉鞘径 (mm)	生葉数 (枚)	1本重 (g)			
標準	38 a	7.3 a	6.7 a	3.5 a	9.3 a	39 b	3,561 b	9.2 ab
ポット内90kg	34 ab	6.7 a	5.8 ab	3.2 a	7.1 b	47 a	3,378 b	8.8 b
ポット内120kg	38 a	6.7 a	6.7 a	3.7 a	10.6 a	43 ab	4,444 a	11.4 ab
ポット内150kg	38 a	6.8 a	6.8 a	3.6 a	9.9 a	49 a	4,839 a	13.0 a
無窒素	32 b	6.9 a	5.4 b	3.3 a	6.1 b	41 b	2,482 c	4.9 c

注1) ネギの生育は、0.9m²当たりから抽出した中庸な株20本の平均値。

2) 異なる英小文字は、Tukey法により5%水準で有意差あり。n = 3。

ると有意に多かった。

収穫時のネギの生育は、いずれの項目とも各ポット内施肥区が標準区と同等であった(第11表)。1本重は、ポット内150kg区がポット内90kg区と比べて有意に優った。株数は、標準区と比べてポット内90kg区が同等であったが、ポット内120kg区およびポット内150kg区では有意に多かった。また、窒素吸収量は、各ポット内施肥区とも標準区と同等であったが、ポット内150kg区はポット内90kg区と比べると有意に多かった。施肥窒素利用率は、標準区の22%に対し、ポット内90kg区で34%、ポット内120kg区で44%、ポット内150kg区で49%といずれも向上した。

総重量は、標準区と比べて各ポット内施肥区とも有意

差がなく同等であったが、ポット内150kg区はポット内90kg区と比べると有意に優った(第6図)。調製重は、標準区の30,910kg ha⁻¹と比べてポット内90kg区が30,130kg ha⁻¹と同等であったが、ポット内120kg区が37,490kg ha⁻¹およびポット内150kg区が39,560kg ha⁻¹と有意に優り、千葉県施肥基準の目標収量35,000kg ha⁻¹を上回った。

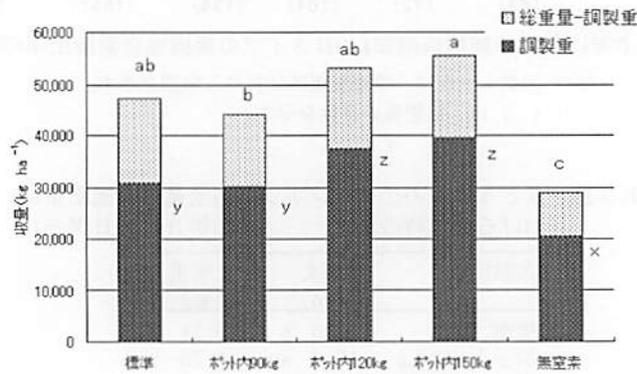
収穫直後の土壤中硝酸態窒素量は、標準区が0~15cm層で23mg kg⁻¹、15~30cm層で53mg kg⁻¹、30~45cm層で37mg kg⁻¹、45~60cm層で21mg kg⁻¹であったのに対し、ポット内90kg区とポット内120kg区では、0~15cm層で標準区に比べやや多い値を示したが、15~60cm層で低かった(第7図)。特に、30~60cmの各層では5mg kg⁻¹前後と著しく少なかった。一方、ポット内150kg区では、

第11表 夏どりネギのチェーンポット内窒素全量施肥量が収穫時の生育と窒素吸収量に及ぼす影響 (2005年9月15日調査)

試験区	生育調査					株数 (本/m ²)	窒素 吸収量 (kg ha ⁻¹)	施肥窒素 利用率 (%)
	草丈 (cm)	葉鞘長 (cm)	葉鞘径 (mm)	生葉数 (枚)	1本重 (g)			
標準	90 a	27 a	19 a	4.9 a	146 ab	33 b	107 ab	22
ポット内90kg	85 a	28 a	18 a	4.8 a	137 b	35 ab	85 b	34
ポット内120kg	86 a	28 a	18 a	4.7 a	145 ab	39 a	108 ab	44
ポット内150kg	89 a	28 a	18 a	4.6 a	148 a	37 a	129 a	49
無窒素	77 b	27 a	14 b	4.0 b	85 c	31 b	55 c	-

注1) ネギの生育は、1.35m²当たりから抽出した中庸な株30本の平均値。

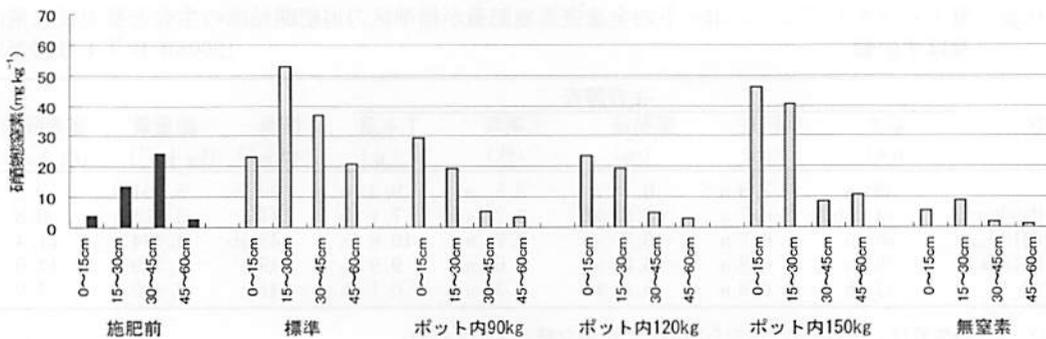
2) 異なる英小文字は、Tukey法により5%水準で有意差あり。n=3。



第6図 夏どりネギのチェーンポット内窒素全量施肥が収量に及ぼす影響

注1) 異なる英小文字は、Tukey法により5%水準で有意差あり。n=3。

2) abcは総重量、xyzは調製重に対して有意差を示す。



第7図 夏どりネギにおけるチェーンポット内窒素全量施肥と収穫跡地の土壤中硝酸態窒素量

0～15cm層で標準区と比べて多く、30～60cmの各層で少なかった。

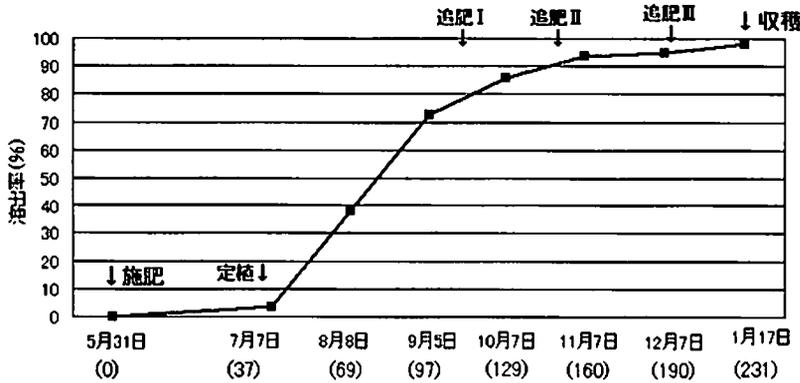
以上のように、標準区と比べて収穫時の生育が同等で株数が多くて調製重が増加し、施肥窒素利用率が向上して、収穫直後の土壤中硝酸態窒素量が減少したポット内120kg区が、夏どりネギ栽培におけるチェーンポット内全量施肥に適すと考えられた。

【試験2】冬どりネギにおけるチェーンポット内全量窒素施肥の検討

被覆燐硝安140日タイプの無機態窒素溶出率は、定植時では3.4%で、育苗期間中にはほとんど溶出しなかった(第8図)。しかし、ほ場に埋設後は溶出率が急速に上昇し追肥Ⅰまでに約80%となった。収穫時の無機態窒素溶出率は98.2%であった。

ネギの発芽は、観察によればコーティング種子の利用により、いずれの処理区でも良好であった。また、育苗期間中に苗はいずれの処理区においても障害が見られなかった。定植時の苗質は、草丈では標準区と比べてポット内90kg区が同等で、ポット内120kg区とポット150kg区が有意に高かった(第12表)。1本重では標準区と比べてポット内90kg区とポット内120kg区が同等で、ポット150kg区が有意に重かった。また、定植時の苗の根は、いずれの処理区でも健全で、障害は認められなかった。

追肥開始前のネギの生育は、いずれの項目とも各ポット内施肥区が標準区と同等であった(第13表)。株数は、すべての処理区で差がなかった。総重量は、標準区と比べてポット内90kg区が有意に軽く、ポット内120kg区とポット内150kg区が同等であった。また、窒素吸収量は、



第8図 冬どりネギにおける被覆燐硝安140日タイプの無機態窒素溶出率の推移 (2005年)

注1) 追肥Ⅰ～Ⅲは、標準施肥区における時期を示す。
2) () は、施肥後の日数を示す。

第2表 冬どりネギのチェーンポット内全量窒素施肥量における定植時の苗質 (2005年7月7日調査)

試験区	草丈 (cm)	1本重 (g)
標準	15.8 c	0.25 b
ポット内90kg	16.8 bc	0.29 b
ポット内120kg	17.5 ab	0.32 ab
ポット内150kg	19.4 a	0.38 a

注) 異なる英小文字は、Tukey法により5%水準で有意差あり。n = 3。

第13表 冬どりネギのチェーンポット内全量窒素施肥量が標準区の追肥開始前の生育と窒素吸収量に及ぼす影響 (2005年9月8日調査)

試験区	生育調査					株数 (本/m ²)	総重量 (kg ha ⁻¹)	窒素吸収量 (kg ha ⁻¹)
	草丈 (cm)	葉鞘長 (cm)	葉鞘径 (mm)	生葉数 (枚)	1本重 (g)			
標準	54 a	5.6 a	10.6 a	3.4 ab	25 a	48 a	13,117 a	23.7 a
ポット内90kg	50 a	5.8 a	9.8 a	3.6 ab	23 a	45 a	10,592 b	21.7 a
ポット内120kg	54 a	5.7 a	10.0 a	3.5 ab	25 a	47 a	12,124 ab	26.5 a
ポット内150kg	52 a	5.6 a	10.1 a	4.1 a	26 a	45 a	11,517 ab	24.6 a
無窒素	35 b	3.8 b	6.0 b	2.6 b	9 b	45 a	3,981 c	7.2 b

注1) ネギの生育は、0.9m²当たりから抽出した中庸な株20本の平均値。
2) 異なる英小文字は、Tukey法により5%水準で有意差あり。n = 3

各ポット内施肥区がいずれも標準区と同等であった。

収穫時のネギの生育は、いずれの項目とも各ポット内施肥区が標準区と同等であった(第14表)。株数は、すべての処理区で差がなかった。窒素吸収量は、各ポット内施肥区とも標準区と同等であったが、ポット内150kg区はポット内90kg区に比べると有意に多かった。施肥窒素利用率は、標準区の30%に対し、ポット内90kg区で63%、ポット内120kg区で60%、ポット内150kg区で57%といずれも向上した。

収量は、総重量では各ポット内施肥区とも標準区と有意差がなく同等であったが、ポット内150kg区はポット内90kg区に比べると有意に優った(第9図)。調製量は、

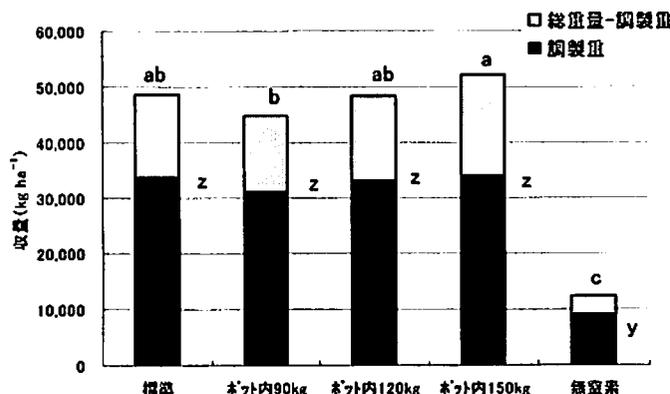
各ポット内施肥区と標準区にいずれも有意差はなかった。しかし、ポット内120kg区は33,163kg ha⁻¹、ポット内150kg区は34,030kg ha⁻¹で目標収量(35,000kg ha⁻¹)をほぼ確保したが90kg区は31,004kg ha⁻¹でやや劣った。

収穫直後の土壌中硝酸態窒素量は、標準区の0~15cm層で100mg kg⁻¹、15~30cm層で65mg kg⁻¹、30~45cm層で13mg kg⁻¹、45~60cm層で8mg kg⁻¹であったのに対し、ポット内90kg区では0~60cmのいずれの層も1mg kg⁻¹と少なく、ポット内120kg区では0~45cmの各層で4mg kg⁻¹以下と少なく、45~60cmの層で21mg kg⁻¹と多かった(第10図)。ポット内150kg区では0~45cmの各層で13mg kg⁻¹以下と少なく、45~60cmの層で34mg kg⁻¹と多かった。

第14表 冬どりネギのチェーンポット内窒素全量施肥量が収穫時の生育と窒素吸収量に及ぼす影響 (2006年1月18日調査)

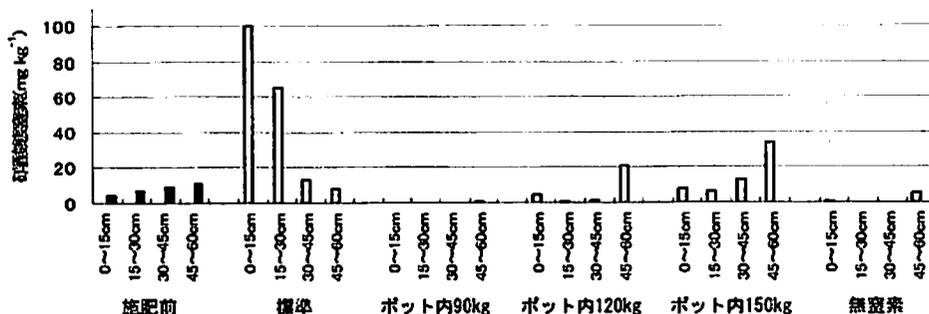
試験区	生育調査					株数 (本/m ²)	窒素 吸収量 (kg ha ⁻¹)	施肥窒素 利用率 (%)
	草丈 (cm)	葉鞘長 (cm)	葉鞘径 (mm)	生葉数 (枚)	1本重 (g)			
標準	89 a	28 a	18 a	4.7 a	120 a	42 a	94 ab	30
ポット内90kg	85 a	27 a	18 a	4.7 a	119 a	41 a	78 b	63
ポット内120kg	90 a	27 a	18 a	4.6 a	120 a	44 a	94 ab	60
ポット内150kg	91 a	28 a	19 a	4.8 a	134 a	42 a	107 a	57
無窒素	59 b	24 b	9 b	3.4 b	26 b	42 a	22 c	-

注1) ネギの生育は、1.35m²当たりから抽出した中蘆な株30本の平均値。
 2) 異なる英小文字は、Tukey法により5%水準で有意差あり。n=3。



第9図 冬どりネギのチェーンポット内窒素全量施肥が収量に及ぼす影響

注1) 異なる英小文字は、Tukey法により5%水準で有意差あり。n=3。
 2) abcは総重量、yzは調製重に対して有意差を示す。



第10図 冬どりネギにおけるチェーンポット内窒素全量施肥と収穫跡地の土壌中硝酸態窒素

以上のように、標準区に比べて収穫時の生育と収量が同等で、施肥窒素利用率が向上し、収穫直後の土壤中硝酸態窒素量が減少したポット内120kg区が、冬どりネギ栽培におけるチェーンポット内全量施肥に適すると考えられた。

4. 考察

チェーンポット内全量窒素施肥を開発するにあたり、キャベツのセル内施肥³⁰⁾から多くの情報を得た。具体的には、育苗箱内に窒素全量を直接施用できること、初期の窒素溶出を抑えた肥効調節型の肥料を用いることで苗の生育に障害がなかったこと、高い水準の減肥に成功していることなどである。

本試験で供試した被覆燐硝安140日タイプの窒素溶出率は、温度25℃一定の場合、施肥後40日までが3%以下で、40～140日にかけて80%とされる。ただし、温度25℃に対し10℃低い15℃一定では窒素溶出率は半減し、10℃高い35℃一定では約2倍となる(チッソ旭肥料による)。今回の試験における窒素溶出率は、夏どり栽培の育苗期間が44日でハウス内の平均温度が15～20℃の条件で1.6%であった。同様に、冬どり栽培の育苗期間が38日でハウス内の平均温度が25～30℃で3.4%であった。したがって、本肥料の初期窒素溶出は、育苗期間とハウス内温度を考慮すればほぼ理論通りの初期抑制型であった。また、夏どり栽培における露地での本肥料の窒素溶出率は、収穫時の9月16日(施肥後212日目)に89.7%であった。一方、冬どり栽培における露地での本肥料の窒素溶出率は、収穫日の1月17日(施肥後231日目)に98.2%であった。

前項第1節の試験ではチェーンポット内に窒素で60kg ha⁻¹相当の施用量に対して、今回は120kg ha⁻¹相当施用したため、育苗箱内窒素濃度を前項と同様に算出し、濃度障害との関係を検討した。その結果、培養土内の水分率が30%と仮定すると冬どり栽培における育苗箱内の窒素濃度は、最大で3,940mg L⁻¹となる。しかし、肥料窒素は、育苗期間中(37日間)に毎日少量づつ溶出すること、および溶出窒素はネギに吸収されることなどを考慮すると、実際の窒素濃度は3,940mg L⁻¹をかなり下回ると考えられる。前項で示したようにネギ苗に濃度障害が発生する溶液中硝酸態窒素濃度は、4,000mg L⁻¹程度と考えられる。それゆえ、ネギ苗の生育に濃度障害が発生しなかったと推察した。

これに関して、金田ら³⁷⁾は、水稻の育苗箱全量施肥において、被覆尿素を利用し、育苗期間中の窒素溶出率が2.8%であったが苗の生育に障害がなく、標準と同等の収量が得られたと報告している。この場合の育苗箱内窒

素濃度をネギ同様に試算すると、水稻育苗中に溶出する窒素濃度の最大値は、約4,500mg L⁻¹となる。松丸⁶⁵⁾によれば、水稻の耐塩性はトマトに比べて低い。また、大沢⁶¹⁾によれば、各種野菜の新鮮重の半減をきたす培養液中塩類濃度は、ネギがトマトと比べて高い。これらのことから、塩類濃度による生育障害は、ネギが水稻よりも発生しにくいと考えられる。これらのことを総合的に判断して、被覆燐硝安140日タイプをチェーンポット内に窒素成分で前項の2倍となる120kg ha⁻¹相当量を施用しても、育苗中にネギ苗に濃度障害が発生しない程度に窒素溶出を抑制できたと推定した。

実際の定植時の苗質は、夏どりでは標準区と比べてチェーンポット150kg区で草丈が長く1本重が増加したが(第9表)、各ポット内施肥区の苗に障害がなく、かつ、定植作業にも支障がなかった。また、冬どりにおける定植時の苗質も、ほぼ同様の結果で(第12表)、苗に障害がなく、定植作業にも支障がなかった。

標準区の追肥開始前(定植後約2ヶ月後)のネギの株数は、夏どりでは標準区に比べて各ポット内施肥区が有意に優り(第10表)、冬どりでは両施肥区に差がなかった(第13表)。おそらく、夏どりでは定植が3月下旬のため地温が低く、露地に直接施用された基肥肥料からでは窒素をネギが十分吸収できなかったが、各ポット内施肥区ではポット内に存在する窒素をネギが効率よく吸収し、その結果、株数の減少を抑制できたと考えられた。一方、冬どりでは定植が7月上旬で地温が高く、標準区および各ポット内施肥区ともネギが窒素を効率よく吸収したため、両施肥区に差がなかったと考えられた。

栽培跡地における土壤中硝酸態窒素量は、夏どり栽培では、チェーンポット内に被覆燐硝安肥料を窒素成分で120kg ha⁻¹相当量を施用することで標準施肥に対し、0～60cmのいずれの層でも少なかった(第7図)。同様に、冬どり栽培でも標準施肥に対し、0～45cmのいずれの層でも少なかった(第10図)。このことは、標準区では全面全層施肥であるためネギが主として根圏域の施肥窒素を吸収し、それ以外はあまり吸収できないのに対して、チェーンポット内施肥では施肥窒素が植え付け位置周辺に集中しているため、効率よく窒素を吸収することができ、その結果、窒素の溶脱量が標準区よりも少なく下層の窒素が少なかったと考えられる。チェーンポット育苗のネギは、定植位置が表層より10cm程度低く植えつけられることで深さ0～30cm程度²⁹⁾の土壤中硝酸態窒素をネギが吸収すると考えられる。

前項のチェーンポット内施肥+追肥の体系では、施肥窒素利用率が標準区の25%に対して43%に向上し、38%の減肥となったことを報告した。チェーンポット内全量

窒素施肥は、施肥窒素利用率が標準区の22%に対して44%に向上し、50%減肥となったことから、より肥料効率の高い施肥技術であると評価できる。また、一般的には、施肥窒素量が増加すると施肥窒素利用率は低下する傾向にあるが、夏どりネギのチェーンポット内施肥の施肥窒素利用率は、ポット内施肥窒素量が多くなることで高くなった。これは植物体の窒素含有率が向上したことによる。おそらく、夏どりネギでは、ネギの肥大期に生育適温を迎えており、ぜい沢吸収が発生したためと考えられた。

チェーンポット内全量窒素施肥は、チェーンポット内施肥+追肥の体系の複合型であり、育苗箱内施肥と位置づけることができる。ただし、チェーンポット内施肥+追肥の体系も、現地ほ場においては有効な減肥技術と考えられる。本県の夏どりおよび秋冬どりネギの標準的な施肥窒素量は、 240kg ha^{-1} である。しかし、両作型とも現地では、施肥窒素量が 300kg ha^{-1} 以上であることが珍しくなく、時には 500kg ha^{-1} を超える事例が確認されている。したがって、現地ネギほ場の土壌は、非常に残存窒素が多くなっているのが現状である。このような残存窒素が多い土壌、すなわち、施肥前の土壌中硝酸態窒素が多い (60mg kg^{-1} 以上、これは黒ボク土の仮比重を0.67とすると施肥窒素で 60kg ha^{-1} 以上に相当する) 場合には、前項で示したチェーンポット内窒素量を 60kg ha^{-1} とし、生育に合わせて追肥量を調整する方が、より減肥になる可能性がある。

著者は、野菜の露地栽培では局所施肥が有力な減肥技術¹²⁶⁾であることを指摘した。局所施肥は、作物の根が分

布する位置にあらかじめ肥料を施用し、効率よく肥料成分を吸収させる方法である⁹⁾。これまで報告された野菜の露地栽培における局所施肥法^{30,51,52,59,60,113,114)}を俯瞰すると、施肥位置が狭い範囲に限定されるほど肥料の利用効率は高くなる傾向がある。チェーンポット内施肥は、減肥率が20~40%のネギ溝内施肥^{52,113,114)}と比べて施肥位置が狭く、50%と高い減肥に成功した。チェーンポット内施肥は、溝内施肥に比べて施肥幅が1/10程度に狭くなったことで、施肥窒素利用率が向上したと考えられる。

チェーンポット内施肥は、施肥窒素が植え付け位置周辺に集中しているため、肥効調節型肥料から徐々に溶出する窒素をネギが効率よく吸収することで、チェーンポット120kg区が標準区と比べて中期の生育(標準区の第1回の追肥期)がほぼ同等、かつ、収量および窒素吸収量も同等に確保できたと考えられる。その結果、チェーンポット120kg区の窒素溶脱量は、標準区よりも少なく、栽培跡地の下層の土壌中硝酸態窒素が少なくなったと考えられる。

以上のように、夏どりおよび冬どりネギ栽培におけるチェーンポット内全量窒素施肥は、被覆燐硝安140日タイプを施用することで、育苗中の苗に濃度障害をおこすことなく、50%の減肥が可能になった。これは施肥窒素利用率が、夏どり栽培では44%に、冬どり栽培では60%に向上し、過剰な施肥を抑えることができたことによると考えられた。また、栽培跡地の土壌残存窒素量が減少したことから環境負荷の軽減も可能になった。著者は、チェーンポット内全量窒素施肥法をネギ栽培における新しい減肥技術として提唱する。