

第2章 施肥窒素とトンネル被覆による抽苔制御

ネギは緑植物低温感応型の作物であり（八鍬、1980）ある生育ステージ（齢）に達した株が低温および短日条件に遭遇することで花芽分化する（八鍬・興水、1969）。花芽分化後は、高温と長日条件で花茎の伸長が促進され抽苔に至る。これまでのネギの花芽分化に影響する温度条件に関する研究において、低温要求量には品種間差があること（阿部・中住、2004；Yamasakiら、2000b）、昼間の高温により脱春化が誘導されること（Yamasakiら、2000b、c）が明らかにされている。

一方、低栄養状態によって花芽分化が促進される現象は、高等植物において広く知られた特性である。ネギにおける低窒素は、低温遭遇量が不十分な時に、花芽分化の促進に作用することが報告されている（山崎・田中、2005）。ネギの花芽分化に対して窒素は補足的な要因として働くと考えられるが、脱春化の誘導に窒素も関与する可能性が予想される。

このような観点から、初夏どり栽培においては、トンネル被覆による脱春化の誘導と窒素の肥培管理との組合せによる栽培技術が抽苔抑制のために重要であると考えられる。

本章では、花芽分化の開始時期における植物体の窒素レベルの違いが抽苔に及ぼす影響について調査し（第1節）、次いで初夏どり栽培における施肥方法の改善（第2節）、保温特性の異なる被覆資材と施肥方法が抽苔に及ぼす影響について検討を行った（第3節）。

第1節 花芽分化の開始時期の液肥が植物体の窒素レベル、抽苔および収量に及ぼす影響

多くの作物において体内の窒素レベルと花芽分化が関係していることが知られている（江口ら、1958b；Wada・Totsuka、1982；Wada・Shinozaki、1985）。イチゴの促成栽培では、ポット育苗中に施肥を中断し植物体の窒素レベルを低下させることで花芽分化の促進が行われており（藤本、1972；松本、1991）花芽分化のための好適体内窒素レベルが明らかにされている（古谷、1988；井上ら、1994；六本木、1992）。

タマネギでは、低窒素で抽苔が多くなることが報告されている（Brewster、1983；Díaz-Pérezら、2003）。ネギにおいても低窒素は、低温遭遇量が不十分な時に、花芽分化の促進に作用することが明らかにされており（山崎・田中、2005）抽苔抑制には花芽分化の開始時期における肥培管理が重要であると考えられる。

近年、野菜（六本木、1991、1992、2000；建部ら、2001；山田ら、1995、1996）、花き（古口ら、2000；伊藤ら、2000）および果樹（瀧、2000、2001、2003）など多くの作物において、栽培期間中に土壌養分や植物体養分を測定し、その結果をすぐに肥培管理に活かすリアルタイム栄養診断法が確立されてきている。ネギでは、葉鞘基部および根部の硝酸イオン濃度を簡易に測定することが可能であり（白岩ら、未発表）抽苔の危険が伴う作型で花芽分化の開始時期における植物体の窒素レベルが抽苔に及ぼす影響を明らかにすれば、抽苔を抑制する栄養診断となり得ると考えられる。

本節では、初夏どり栽培の花芽分化の開始時期に的をしばり窒素量を変えて液肥処理を行い、植物体の窒素レベル、抽苔および収量に及ぼす影響について調査した。

材料および方法

実験は鳥取県園芸試験場弓浜砂丘地分場（鳥取県境港市中海干拓地）の砂畑圃場（砂丘未熟土）において行った。2001年10月3日に‘長悦’を264穴チェーンポットに1穴当たり2粒と3粒を交互に播種、11月28日に条間1mで深さ15cmの植え溝を切り、簡易移植機「ひっぱりくん」（日本甜菜製糖）で移植した。12月18日から翌年3月28日まで有滴ポリエチレンフィルム（厚さ0.03mm、積水化学）でトンネル被覆（トンネル幅50cm、地面から25cmの高さに2m間隔で両サイドに直径8cmの換気穴をあけた）した。2月6日、18日の計2回、市販液肥（窒素含量15.0%、内硝酸態窒素7.0%、内アンモニウム態窒素3.0%）を窒素量で100ppm、500ppm、1000ppmの濃度で $2\text{L}\cdot\text{m}^{-2}$ 灌注処理した。これらに加え $2\text{L}\cdot\text{m}^{-2}$ の水処理および無処理を設けた。実験規模は各区 10m^2 、反復なしとした。処理10日後の2月28日に10株について、葉鞘基部および根部の新鮮試料1gに蒸留水10mLを加え乳鉢で磨碎し、RQ flex plus（MERCK社）で硝酸イオン濃度を測定した。3月28日に10株について、草丈、新鮮重の測定を行った。基肥は $\text{N}:\text{P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O}=13.5:21.5:13.3\text{kg}\cdot10\text{a}^{-1}$ 、追肥（3月28日）は $\text{N}:\text{P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O}=7.0:7.0:7.0\text{kg}\cdot10\text{a}^{-1}$ とした。4月17日から5月29日まで1週間おきに、各区 6m^2 について、葉鞘から花茎が15cm以上伸長した個体を抽苔株として計数した。6月3日に各区 1m^2 の1か所を掘り取り、抽苔株および調製収量を調査した。ネギの調製は、葉鞘基部から60cmを残して根および葉を切除した後、内葉4枚を残して外葉を除去した。調製収量は、規格を重量別に $2\text{L}:150\text{g}$ 以上、 $\text{L}:100\text{g}$

以上から150 g未満、L4：75：以上から100 g未満、MS：30 g以上から75 g未満に分類して調査した。

結 果

液肥処理10日後の植物体中の硝酸イオン濃度は、処理濃度に伴い葉鞘基部および根部ともに高くなったが、500ppm区と1000ppm区では硝酸イオン濃度に差がなかった（図2-1-1）。各区とも根部は、葉鞘基部の約5倍の硝酸イオン濃度であった。根部の肉眼観察で、濃度障害と考えられる根の褐変が1000ppm区で認められたが、3月28日の調査時には回復していた。また、水処理区は、無処理区の約3倍の硝酸イオン濃度であった。液肥処理が生育、調製収量および抽苔に及ぼす影響を表2-1-1および

図2-1-2に示した。3月28日の生育調査では、無処理区に比べ、各処理区とも生育が良好となる傾向が見られ、処理濃度が高くなるにつれて新鮮重は増加した。調製収量は、無処理区の $282.8\text{kg}\cdot\text{a}^{-1}$ に対し、水処理区で $395.7\text{kg}\cdot\text{a}^{-1}$ 、100ppm区で $420.1\text{kg}\cdot\text{a}^{-1}$ 、500ppm区で $461.6\text{kg}\cdot\text{a}^{-1}$ 、1000ppm区で $468.8\text{kg}\cdot\text{a}^{-1}$ となり、500ppm区および1000ppm区で多収であった。抽苔率は、無処理区の43.7%に対し、水処理区で22.5%、100ppm区で7.8%、500ppm区で11.4%、1000ppm区で18.1%となり、100ppm区および500ppm区で有意に低く抑えられた。抽苔株の発生ピークは、各区とも5月1日であり、処理区による差は認められなかった（図2-1-3）。

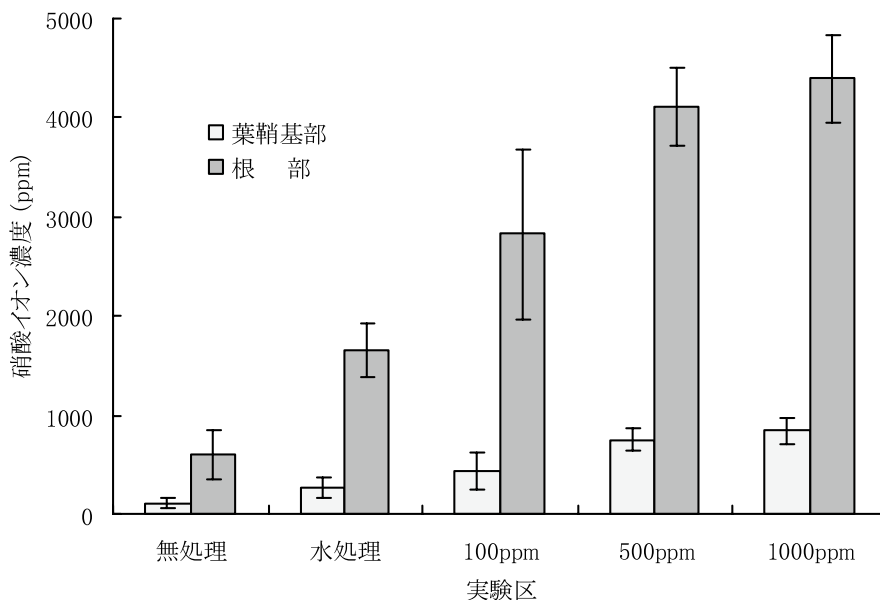


図 2-1-1 初夏どり栽培における液肥処理が植物体の硝酸イオン濃度に及ぼす影響 (2002)

図中のバーは標準偏差を示す(n=10)

処理 10 日後に測定した

表 2-1-1 初夏どり栽培における液肥処理^zが生育、調製収量および抽苔に及ぼす影響 (2002)

実験区	生育 (3月28日)		収穫 (6月3日)	
	草丈 (cm)	新鮮重 (g)	調製収量 ($\text{kg}\cdot\text{a}^{-1}$)	抽苔率 (%)
無処理	51.0 b ^y	33.9 c	282.8 c	43.7 c
水処理	56.2 b	38.5 bc	395.7 b	22.5 b
100ppm	63.9 a	40.2 bc	420.1 b	7.8 a
500ppm	63.0 a	46.3 ab	461.6 a	11.4 a
1000ppm	66.0 a	54.0 a	468.8 a	18.1 ab

^z 液肥処理は2002年2月6日、18日の計2回行った

^y 同一列内の異なるアルファベットは、多重比較法(Tukey法)において5%水準で有意差があることを表す

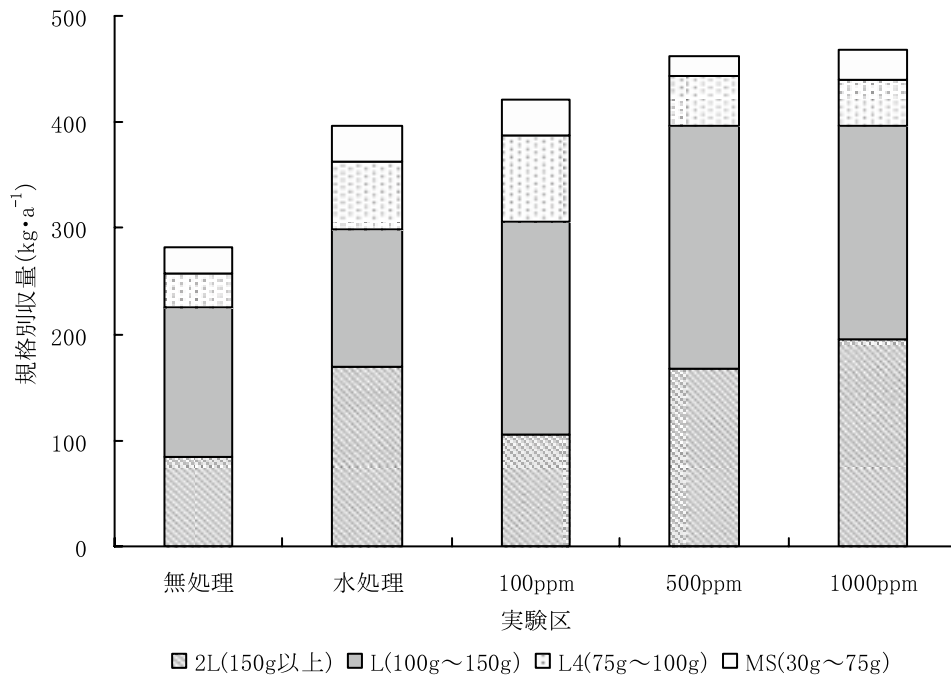


図 2-1-2 初夏どり栽培における液肥処理が規格別収量に及ぼす影響 (2002)

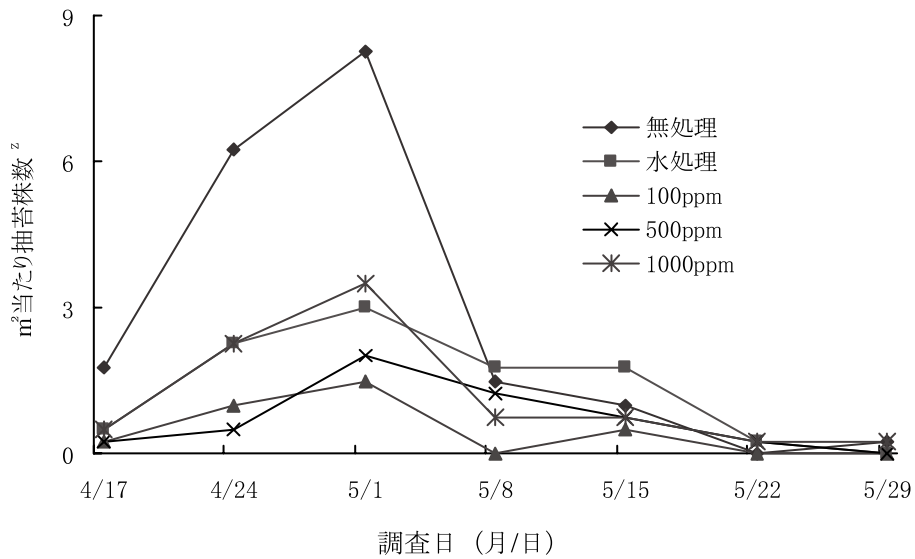


図 2-1-3 初夏どり栽培における液肥処理が抽苔発生の推移に及ぼす影響 (2002)

^z 栽植本数は約 40 株・m⁻²

考 察

山崎・田中(2005)は、ネギの抽苔に及ぼす窒素の影響について、被覆尿素肥料を用いて検討しており、低窒素は、低温遭遇量が十分でないときに、花芽分化に促進的に作用すると報告している。本実験では、花芽分化の開始時期に液肥の灌注処理を行った結果、最終処理の10日後には、植物体の窒素レベルは処理濃度に伴い高くなった。抽苔率は、無処理区に比べて、処理区で低く抑えられる傾向が認められ、山崎・田中(2005)の報告を支持する結果となった。一般に、植物体のC/N率の増加は、花芽分化に関係していると考えられており(Kraus・Kraybill, 1918)、ネギ、タマネギともに窒素追肥によりC/N率が低くなることが報告されている(Díaz-Pérezら, 2003; 山崎・田中, 2005)。本実験では、炭素含有率を測定していないが、これらの報告から推察すると、植物体の窒素レベルが高くなるほど、C/N率は低くなっていると考えられる。

Yamasakiらは、'長悦'の冬期のトンネル被覆により脱春化が起こること(2003)、脱春化に日長が強く関与していること(2000a)を報告している。さらに、山崎(2002)は脱春化の誘導に窒素も関わっている可能性を考察している。本実験でも植物体の窒素レベルが高いほど抽苔率が低くなる傾向であったことから、窒素レベルは脱春化の誘導に関与している可能性が示唆され、さらに詳細な検討が必要であると考えられる(第3節において検討)。

花茎伸長は、高温および長日条件で促進されることから、栄養状態が良いほど花茎伸長は早くなると考えられるが、各区とも抽苔株の発生ピークは5月1日であり、処理区で明確な差は認められなかった。この要因として、トンネル被覆の除去後(花茎の伸長開始前)に各区とも同量の追肥を行っており、花茎の伸長時には植物体の栄養状態に差がなかったためと推察される。

初夏どり栽培では、トンネル除去後におけるネギの早期肥大が安定多収の鍵となる。処理1か月後の生育は、処理濃度に伴い生育が良好となり、この生育差が収量にも影響し、特に500ppm区および1000ppm区において多収であった。この結果から2月の施肥は、抽苔抑制だけでなく、多収にも重要な因子であると考えられる。水処理区は、無処理区の約3倍の硝酸イオン濃度となり、トンネル被覆内での土壌水分の状態が基肥の肥効発現に密接に関わっていることが示唆された。また、液肥の灌注処理後、直ちに植物体の窒素レベルが高まったことから、液肥の灌注処理は、花芽分化が起こり得る時期の施肥方法として有効であると考えられる。

一方、タマネギでは、低窒素で抽苔が多くなる反面、

過剰な窒素施肥は、腐敗球を増加させ収量が低下することが報告されている(Díaz-Pérezら, 2003)。本実験での処理10日後の植物体の硝酸イオン濃度は500ppm区と1000ppm区で大差なく、調製収量も500ppm区と1000ppm区で差は認められなかった。さらに、抽苔率は100ppm区と500ppm区で低く抑えられ、1000ppm区で若干高くなる傾向であったことから、花芽分化を抑制する植物体の窒素レベルには、一定の閾値があることが示唆された。また、初夏どり栽培において、花芽分化が可能な植物体の大きさ(図1-2-3)と植物体の硝酸イオン濃度との関係をみることで、抽苔を抑制する栄養診断の指標ができる可能性が考えられる。

以上の結果、初夏どり栽培における花芽分化の開始時期の植物体窒素レベルは、抽苔率および収量に影響を及ぼしたことから、本栽培において2月の肥培管理が抽苔抑制および多収のために重要であることが示唆された。

第2節 トンネル内植え溝施肥が抽苔および収量に及ぼす影響

第2章の第1節において、初夏どり栽培の花芽分化の開始時期(2月中旬)に植物体の窒素レベルが低いと抽苔率が高まることを明らかにした。また、2月中旬の植物体の窒素レベルは、多収にも重要な因子であることが示唆された。

鳥取県の初夏どり栽培では、基肥の窒素肥料が全層施肥されている。しかし、トンネル被覆期間中には土寄せ作業が行えず、全層施肥では春季までに条間の肥料が流亡するために肥料の利用効率が低いと考えられる。また、トンネル被覆期間中の追肥は、トンネル被覆除去の作業が繁雑であることから追肥の省力化が求められている。本節では、トンネル被覆期間中の肥効の持続、肥料の利用効率の向上を目的に、全層施肥に代わる施肥方法としてネギの側条に施肥する植え溝施肥法について検討を行った。

材料および方法

実験は鳥取県園芸試験場弓浜砂丘地分場(鳥取県境港市中海干拓地)の砂畑圃場(砂丘未熟土)において行った。実験は1999年と2000年の2か年実施した。品種は'長悦'を供試し、264穴チェーンポット(CP303、日本甜菜製糖)に1穴当たり2粒と3粒を交互に播種し、条間1m、深さ15cmの植え溝を切り、簡易移植機「ひっぱりくん」(日本甜菜製糖)を用いて移植した。冬期間のトンネル被覆は、トンネル幅50cm、有滴ポリエチレンフィルム(厚さ0.03mm、積水化学)で被覆し、トンネルの両

サイドに地表から25cmの高さに直径8cmの換気穴を2m間隔であけた。実験区の概要を表2-2-1に示した。両年とも、トンネル被覆期間中の生育調査は3月3日に行い、4月下旬から5月下旬にかけて抽苔数を計数した。収穫時に各区2m²を掘り取り調製収量を調査した。ネギの調製は、葉鞘基部から60cmを残して根および葉を切除した後、内葉4枚を残して外葉を除去した。調製収量は、規格を重量別に2L:150g以上、L:100g以上から150g未満、L4:75g以上から100g未満、MS:30g以上から75g未満に分類して調査した。

(1) 1999年次

播種は1998年10月8日、移植は12月2日、トンネル被覆は12月16日から翌年3月23日、収穫調査は5月31日に行った。イソブチリデン2尿素(IB)配合の複合肥料(以下、IB肥料)および被覆尿素の複合肥料(溶出タイプ:D-80、以下、LPコート肥料)を供試した。慣行区は基肥施用時にIB肥料N:P₂O₅:K₂O=6.0:6.0:6.0kg・10a⁻¹を全層施肥し、トンネル被覆期間中の追肥は3月1日に化成肥料N:P₂O₅:K₂O=3.0:3.0:3.0kg・10a⁻¹を施肥した。植え溝区は、12月9日にIB肥料またはLPコート肥料N:P₂O₅:K₂O=6.0:6.0:6.0kg・10a⁻¹を植え溝に施肥した。トンネル被覆期間中に化成肥料N:P₂O₅:K₂O=3.0:3.0:3.0kg・10a⁻¹の追肥を行う区(+)と、追肥を行わない区(-)を設けた。実

験規模は各区15m²の2反復とした。

(2) 2000年次

2000年の実験は、1999年の結果を踏まえて、IB肥料の植え溝施肥の効果について検討を行った。播種は1999年10月1日、移植は11月22日、トンネル被覆は12月16日から翌年3月27日、収穫調査は5月29日に行った。慣行区は基肥施肥時にIB肥料N:P₂O₅:K₂O=6.0:6.0:6.0kg・10a⁻¹を全層施肥し、トンネル被覆期間中の追肥は2月20日に化成肥料N:P₂O₅:K₂O=3.0:3.0:3.0kg・10a⁻¹を施肥した。植え溝区は、12月12日にIB肥料N:P₂O₅:K₂O=6.0:6.0:6.0kg・10a⁻¹を植え溝に施肥した。トンネル被覆期間中に化成肥料N:P₂O₅:K₂O=3.0:3.0:3.0kg・10a⁻¹の追肥を行う区(+)と、追肥を行わない区(-)を設けた。実験規模は各区18m²の2反復とした。

結 果

(1) 1999年次

トンネル内の植え溝施肥の肥料タイプについてIB肥料とLPコート肥料を比較した。トンネル被覆期間中の生育を表2-2-2に示した。葉鞘径は、慣行区の8.3mmに対して、IB区で8.7mm、LPコート区で8.1mmであった。新鮮重は、慣行区の13.7gに対して、IB区で15.2g、LPコート区で12.4gであり、IB肥料の植え溝区は、慣行区に比べて生育が優れる傾向であった。抽苔数および収穫調査の結果を表2-2-3および図2-2-1に示した。抽苔数は慣行

表 2-2-1 実験区の施肥方法と主要3要素の施肥量 (1999, 2000)²

実験区	肥料タイプ	施肥方法	トンネル被覆中の施肥量 (N:P ₂ O ₅ :K ₂ O kg・10a ⁻¹)						栽培期間中		
			元肥			追肥			(N:P ₂ O ₅ :K ₂ O kg・10a ⁻¹)		
IB(+)	IB	植え溝	6.0	6.0	6.0	3.0	3.0	3.0	23.5	31.5	23.3
IB(-)	IB	植え溝	6.0	6.0	6.0	0	0	0	20.5	28.5	20.3
LP(+)	LP	植え溝	6.0	6.0	6.0	3.0	3.0	3.0	23.5	31.5	23.3
LP(-)	LP	植え溝	6.0	6.0	6.0	0	0	0	20.5	28.5	20.3
慣行	IB	全層	6.0	6.0	6.0	3.0	3.0	3.0	23.5	31.5	23.3

² 2000年次の実験は、IB(+), IB(-)および慣行で実施した

表 2-2-2 初夏どり栽培における肥料タイプおよび施肥方法がトンネル被覆中の生育に及ぼす影響 (1999, 2000)

年次	実験区	草丈 (cm)	葉鞘径 (mm)	新鮮重 (g)	乾物重 (g)
1999 ²	IB(-)	46.6	8.7	15.2	1.3
	LP(-)	43.0	8.1	12.4	1.1
	慣行	42.8	8.3	13.7	1.2
2000	IB(+)	39.2	7.7	95.2	1.0
	IB(-)	38.6	7.7	92.0	1.0
	慣行	35.7	7.4	78.1	9.0

² 1999年次の調査は追肥の施用直後にIB(-)区とLP(-)区について実施した

区の4.0本・m⁻²に対して、IB肥料およびLPコート肥料の植え溝区において5本・m⁻²前後とやや多くなる傾向であったが、その差は大きくなかった。調製収量は、慣行区の506.9kg・a⁻¹に対して、IB(+)区で548.1kg・a⁻¹、IB(-)区で565.9kg・a⁻¹と多収であった。

以上の結果、トンネル内植え溝施肥では、LPコート肥料に比べIB肥料の方が適していると考えられた。

(2) 2000年次

IB肥料の植え溝施肥とトンネル被覆期間中の追肥の有無について検討した。トンネル被覆期間中の生育を表2-2-2に示した。葉鞘径は、慣行区の7.4mmに対して、IB(+)区、IB(-)区ともに7.7mmと太かった。新鮮重は、慣行区の78.1gに対して、IB(+)区で95.2g、IB(-)区で92.0gと重かった。また、トンネル被覆期間中において、IB(+)区とIB(-)区とは同等の生育であった。抽苔数および収穫調査の結果を表2-2-3および図2-2-1に示した。抽苔数は、慣行区において14.4本・m⁻²と多発したのに対して、IB(+)区およびIB(-)区では4本・

m⁻²前後と少発生であった。抽苔が多発した慣行区の調製収量は322.6kg・a⁻¹と低収であったが、IB(+)区とIB(-)区では約420kg・a⁻¹と多収であった。

以上の結果、IB肥料の植え溝施肥は、慣行の全層施肥に比べてトンネル被覆期間中の生育が良好であり、抽苔を低く抑え多収であった。また、本実験のIB肥料の植え溝施肥では、トンネル被覆期間中の追肥が不要であった。

考 察

トンネル被覆期間中の生育がLPコート肥料に比べてIB肥料で良好であったことは、肥料の肥効発現の様式が異なるためと考えられる。IB肥料の土壌中での分解は、主に化学的加水分解によるが、本実験で供試したLPコート肥料はシグモイド型であり、溶出は温度の影響を受けやすく(小林、2006; 越野、2006)、この肥効発現の違いが生育の違いとなったと推察される。このことから、冬季の低温期においてはIB肥料が適している

表 2-2-3 初夏どり栽培における肥料タイプおよび施肥方法が調製収量、抽苔に及ぼす影響 (1999, 2000)

年次	実験区	調製収量 (kg・a ⁻¹)	調製重 (g・本 ⁻¹)	抽苔数 ^z (株・m ⁻²)
1999	IB(+)	548.1	141.4	6.3
	IB(-)	565.9	142.3	5.2
	LP(+)	498.7	141.4	4.4
	LP(-)	463.0	134.2	4.8
	慣行	506.9	137.9	4.0
2000	IB(+)	432.7	115.4	4.3
	IB(-)	434.0	110.0	2.3
	慣行	322.6	114.2	14.4

^z 抽苔数について、1999年は15m²の2反復、2000年は18m²の2反復の調査から算出した

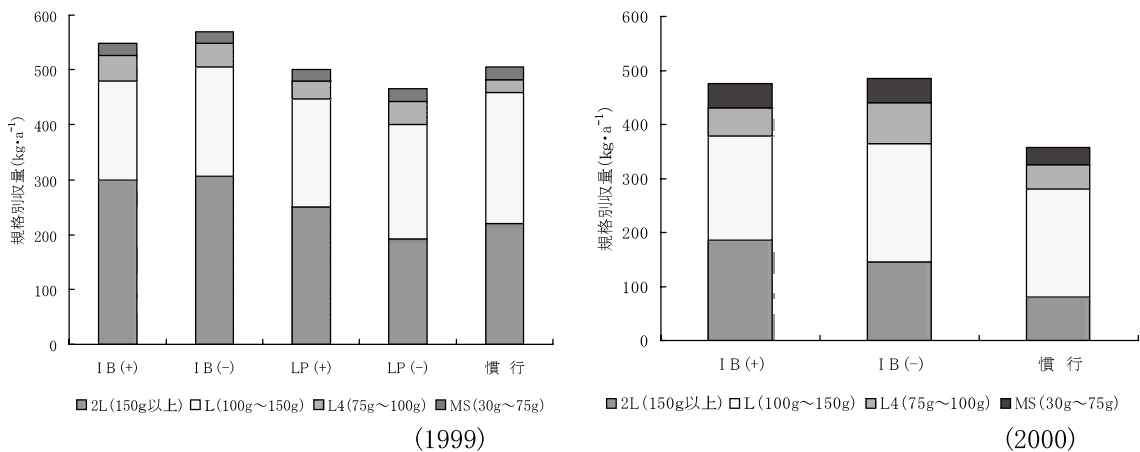


図 2-2-1 初夏どり栽培における肥料タイプおよび施肥方法が規格別収量に及ぼす影響 (1999, 2000)

と考えられる。一方、IB肥料の肥効発現は加水分解に依存することから、トンネル内の土壌水分管理が重要であると考えられ、このことは、第2章の第1節の実験において、水処理（基肥はIB肥料）によって植物体の硝酸イオン濃度が高まったことから支持される。

IB肥料の施用方法についての2か年の実験において、植え溝施肥は全層施肥に比べ、抽苔数が少なく多収の傾向であった。また、IB肥料の植え溝施肥では、トンネル被覆期間中の追肥の有無による生育、抽苔および収量への影響が認められなかったことから、追肥を省略できる可能性が示唆された。一方、初夏どり栽培においては、数種類のトンネル被覆資材が個々に利用されており、資材によって保温特性が異なることが報告されている（安藤ら、2002）。IB肥料の肥効発現は加水分解に依存するが、温度が高くなるほど早くなり、20 から30 に上昇すると約3倍の分解速度となる（小林、2006）。これらのことから、トンネル被覆資材の種類によって、トンネル被覆内の環境が異なり、IB肥料の肥効発現が異なる可能性が考えられる。この点については第3節で検討を行いたい。

第3節 トンネル被覆資材と施肥方法が生育、抽苔および収量に及ぼす影響

山崎らは、ネギの抽苔を制御する目的で、花芽分化に及ぼす温度の影響を検討し（Yamasakiら、2000b、2000c；山崎・田中、2002）、冬期のトンネル被覆により脱春化が起こることを報告している（Yamasakiら、2003）。また、安藤ら（2002）は、保温性の異なる数種のトンネル被覆の方法で、抽苔率に0.6%から13.2%の差が生じることを報告しており、初夏どり栽培では、トンネル被覆内の温度条件が花芽分化の誘起に影響を及ぼすことが考えられる。

一方、ネギでは低温遭遇量が不十分な場合に、低窒素条件が花芽分化に促進的に作用することが報告されており（山崎・田中、2005）第2章の第1節において、初夏どり栽培において花芽分化の開始時期である2月中旬の植物体の窒素レベルが低い場合に、抽苔率が高まることを明らかにした。

以上のことから、初夏どり栽培における抽苔発生には、トンネル被覆による温度条件と花芽分化の開始時期の植物体の窒素レベルとが密接に関わっていることが推察される。実際の栽培では、数種のトンネル被覆資材が個々に利用されているが、保温特性は明らかにされておらず、トンネル被覆資材の保温特性に基づいた肥培管理が行われていないことが抽苔発生の要因となっていると考えら

れる。また、第2章の第2節においてトンネル内の植え溝施肥が、肥料の利用効率が高く抽苔抑制に有効であることを明らかにしたが、トンネル被覆資材の違いがIB肥料の植え溝施肥に及ぼす影響については未調査である。本節では、トンネル被覆資材と施肥方法が生育、抽苔および収量に及ぼす影響について検討を行った。

材料および方法

実験は鳥取県園芸試験場弓浜砂丘地分場（鳥取県境港市中海干拓地）の砂畑圃場（砂丘未熟土）において行った。2001年10月3日に‘長悦’（協和種苗）を264穴チェーンポット（CP303、日本甜菜製糖）に1穴当たり2粒と3粒を交互に播種し、11月28日に条間1m、深さ15cmの植え溝を切り、簡易移植機「ひっぱりくん」（日本甜菜製糖）を用いて移植を行った。12月18日から翌年（2002年）3月28日までトンネル被覆を行い、5月28日に収穫した。トンネル被覆方法は、トンネル幅を50cmとし、トンネルの両サイドに地表から25cmの高さに直径8cmの換気穴を2m間隔であけた。実験規模は各区30m²、反復なしとした。

トンネル被覆資材は、ポリオレフィンフィルム（厚さ0.05mm、積水化学、以下、PO）、無滴ポリエチレンフィルム（厚さ0.05mm、積水化学、以下、無滴農ポリ）、有滴ポリエチレンフィルム（厚さ0.05mm、積水化学、以下、有滴農ポリ）の3種類を供試した。施肥方法の実験区は、全層区と植え溝区とした（表2-3-1）。全層区は緩効性肥料のイソブチリデン2尿素（IB）配合の化成肥料（以下、IB肥料）N:P₂O₅:K₂O = 6.0:6.0:6.0kg・10a⁻¹を全層施肥した後、苗を移植した。トンネル被覆中の追肥は、2月5日に化成肥料N:P₂O₅:K₂O = 3.0:3.0:3.0kg・10a⁻¹を施肥した。植え溝区は、苗を移植した後、IB肥料N:P₂O₅:K₂O = 6.0:6.0:6.0kg・10a⁻¹を植え溝施肥した。IB肥料の植え溝施肥（トンネル被覆資材には有滴農ポリを使用）により、トンネル被覆中の追肥を行わない場合でも抽苔が抑制されることから（第2章の第2節）本実験の植え溝区では、追肥を行わなかった。各実験区の総施肥量は表2-3-1のとおりとした。灌水は、2月5日と3月5日にトンネル被覆を除去し、スプリンクラーを用いて20分間の散水を行った。

調査は、トンネル被覆資材の光透過特性、土壌含水率、トンネル被覆内の気温、地温および地表面温度、並びにネギの生育、収量について行った。被覆資材の光透過特性は、波長別光エネルギー分析装置（LI-1800、LI-COR）を用い、3月11日の11:30から12:00（晴天）に300 - 1100nmの透過スペクトルを測定し、光透過率を（各被覆資材の400 - 800nmの光量子束密度）/（自然光の400

- 800nmの光量子束密度) × 100の計算式に基づいて算出した。土壌含水率は、水分計 (YZ/132、矢崎計器) を用いて、2月5日に各実験区の10か所について地表から10cmの深さを測定した。トンネル内の温度は、2月26日から3月4日まで温度記録計 (TR - 71S、T and D) を用いて、気温 (地表から10cmの高さ)、地温 (地表から5cmの深さ) を10分間隔で測定した。地表面温度は、放射温度計 (IT-330、堀場製作所) を用いて、3月25日の12:30から13:00 (晴天) に各実験区の10か所を測定した。ネギの生育は、2月5日および3月28日に各実験区の20株について、草丈、新鮮重、最内葉から第2葉のSPAD値 (SPAD-205、ミノルタ) を測定した。収穫は5月28日に行い、各実験区2㎡の3か所を掘り取り、抽苔株数および調製収量を調査した。ネギの調製は、葉鞘基部から60cmを残して根および葉を切除した後、内葉4枚を残して外葉を除去した。

結 果

トンネル被覆資材の光透過スペクトルは、各区とも自

然光と同様の傾向がみられたが、光透過率は、無滴農ポリで93.3%、POで87.9%、有滴農ポリで78.2%であった (図2-3-1、表2-3-2)。晴天時の地表面温度は、POおよび無滴農ポリで40以上であったが、有滴農ポリでは32.3と低かった。有滴農ポリの光透過率が無滴農ポリに比べて約15%低下したことは、有滴農ポリの裏面に水滴が付着していたことによると考えられる。2月5日の調査における土壌含水率は、有滴農ポリで28.4%、無滴農ポリで27.6%、POで22.8%となり、POでは土壌が乾燥する傾向が認められた。また、地表面温度の高かったPOおよび無滴農ポリでは、土壌含水率の変動係数が大きく、乾湿の差が大きい傾向が認められた (表2-3-2)。2月26日から3月4日の間におけるトンネル内の気温および地温を表2-3-3に示した。昼間の平均気温および平均地温ともPOで最も高く、次いで無滴農ポリ、有滴農ポリの順であった。POと有滴農ポリの差は、平均気温で1.6、平均地温で0.9であった。一方、夜間の平均気温および平均地温については、各被覆資材とも大きな差は認められなかった。

表 2-3-1 実験区の施肥方法と主要3要素の施肥量 (2002)

実験区 ² (施肥方法)	トンネル被覆中の施肥量 (N:P ₂ O ₅ :K ₂ O kg・10a ⁻¹)						栽培期間の総施肥量 (N:P ₂ O ₅ :K ₂ O kg・10a ⁻¹)		
	IB肥料の施肥量			2月5日の追肥量					
全層施肥	6.0	6.0	6.0	3.0	3.0	3.0	23.5	31.5	23.3
植え溝施肥	6.0	6.0	6.0	0	0	0	20.5	28.5	20.3

² 実験は被覆資材 (PO, 無滴農ポリおよび有滴農ポリ) と施肥方法を組み合わせて行った

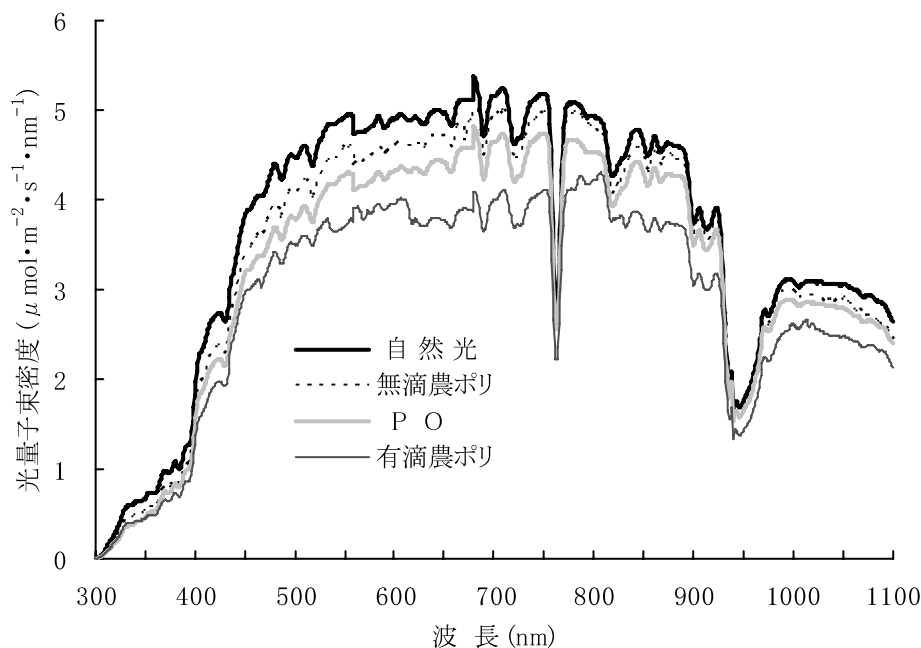


図 2-3-1 被覆資材の種類における光透過スペクトルの比較 (2002)

測定は2002年3月11日の11:30から12:00(晴天)に行った

表 2-3-2 トンネル被覆資材の光透過率, トンネル被覆内の地表面温度および土壌水分 (2002)

被覆資材	光透過率 ^z (%)	R/FR 比 ^y	地表面温度 ^x (°C)	土壌水分 (2月5日)	
				含水率 (%)	変動係数 (%)
P O	87.9	1.01	41.6±1.6	22.8	35.1
無滴農ポリ	93.3	1.01	40.8±2.0	27.6	21.7
有滴農ポリ	78.2	0.99	32.3±0.7	28.4	12.7

^z 光透過率=各被覆資材(400-800 nm の光量子束密度)/自然光(400-800 nm の光量子束密度)×100

^y R/FR(赤色光/遠赤色光)比=(600-700 nm の光量子束密度)/(700-800 nm の光量子束密度)

^x 2002年3月25日の12:00から13:00に測定した. 平均値±標準偏差 (n=10)

表 2-3-3 トンネル被覆内の気温および地温^z (2002)

被覆資材	温度	昼間平均 ^y (°C)	夜間平均 ^y (°C)	最高 (°C)	最低 (°C)	平均 (°C)
	地温	11.7	10.7	19.2	6.9	11.1
無滴農ポリ	気温	16.6	6.4	35.9	-1.5	10.6
	地温	11.1	10.8	17.2	7.6	10.9
有滴農ポリ	気温	15.8	6.3	33.7	-1.7	10.1
	地温	10.8	10.5	16.1	7.5	10.6

^z 測定は2002年2月26日から3月4日に行った

^y 昼間平均は7:00から17:00,夜間平均は17:00から7:00の測定値を表す

トンネル被覆期間中のネギの草丈および新鮮重を表 2-3-4に示した。2月5日の調査における草丈および新鮮重は、PO、無滴農ポリ、有滴農ポリの順で優れる傾向であった。施肥方法の影響は、新鮮重およびSPAD値で認められ、全層区に比べて、植え溝区で生育が優れる傾向があった。一方、3月28日の調査における被覆資材の影響は、草丈、新鮮重およびSPAD値のいずれにも認められなかったが、施肥方法の影響はSPAD値に有意な差が認められ、全層区に比べて植え溝区で低かった。また、有意ではないがPOおよび無滴農ポリの植え溝区においてSPAD値の低下の程度が大きい傾向が認められた。

トンネル被覆資材と施肥方法がネギの調製収量および抽苔率に及ぼす影響を表 2-3-5に示した。調製収量では被覆資材による有意差は認められなかったが、施肥方法の違いによる有意差と被覆資材と施肥方法による交互作用が認められ、POと無滴農ポリでは全層区で植え溝区よりも高く、有滴農ポリでは植え溝区で全層区よりも高かった。抽苔率には被覆資材と施肥方法の交互作用に有意な差があり、POと無滴農ポリでは植え溝区が全層区よりも高く、有滴農ポリでは全層区が植え溝区よりも高

かった。

考 察

‘長悦’はネギの極晩抽性の品種に分類され(小島ら、1999)、トンネル被覆を行うことにより脱春化が誘導される(Yamasakiら、2003)。脱春化の温度条件としては、中生品種‘金長’が昼温35で脱春化されるのに対し、‘長悦’では昼温20で脱春化が誘導されることが報告されている(Yamasakiら、2000b, c)。本実験の2月26日から3月4日に調査したトンネル内の平均気温は、POで17.4と最も高く、次いで無滴農ポリで16.6、有滴農ポリで15.8であった。本実験での全層施肥区における抽苔率は、PO区で9.1%、無滴農ポリ区で18.1%、有滴農ポリ区で28.1%と(表 2-3-5)、保温性の高い被覆資材ほど抽苔が抑制された。このことから、トンネル被覆資材の違いによる抽苔率の差は脱春化の程度の差によるものと推察される。

2月5日の調査では、保温性の高いトンネル被覆資材ほど草丈および新鮮重は大きくなる傾向がみられたが、3月28日の調査では、草丈および新鮮重に被覆資材による有意な差は認められなかった。本実験では、気温が上昇

表 2-3-4 初夏どり栽培におけるトンネル被覆資材と施肥方法が
ネギの草丈、新鮮重および SPAD 値に及ぼす影響 (2002)

実験区		2月5日			3月28日		
被覆資材	施肥方法	草丈 (cm)	新鮮重 (g)	SPAD 値 ^z	草丈 (cm)	新鮮重 (g)	SPAD 値 ^z
P O	全層	25.8 ab ^x	6.3 ab	44.6 b	62.5 a	38.1 a	58.2 a
	植え溝	29.3 a	6.8 a	47.8 a	59.5 a	40.5 a	47.6 bc
無滴農ポリ	全層	24.5 ab	5.8 bc	45.2 b	56.0 a	36.9 a	56.0 ab
	植え溝	24.8 ab	6.1 bc	46.9 ab	59.3 a	39.6 a	45.6 c
有滴農ポリ	全層	21.7 b	5.1 c	45.6 ab	58.4 a	38.4 a	58.4 a
	植え溝	23.4 ab	5.5 bc	46.3 ab	58.6 a	38.2 a	51.5 abc
分散分析 ^y	A:被覆資材	**	**	NS	NS	NS	NS
	B:施肥方法	NS	*	*	NS	NS	**
	A×B	NS	NS	NS	NS	NS	NS

^z SPAD 値は最内葉から第 2 葉を測定した

^y 分散分析により, *は 5%水準, **は 1%水準, NS は有意差がないことを表す

^x 同一列内の異なるアルファベットは, 多重比較法 (Tukey 法) において 5%水準で有意差があることを表す

表 2-3-5 初夏どり栽培におけるトンネル被覆資材と施肥方法が
ネギの調製収量および抽苔率に及ぼす影響^z (2002)

実験区		調製収量	調製重	抽苔率
被覆資材	施肥方法	(kg・a ⁻¹)	(g・本 ⁻¹)	(%)
P O	全層	426.4 a ^x	112.2 a	9.1 a
	植え溝	325.8 c	103.4 b	22.1 cd
無滴農ポリ	全層	412.9 a	113.9 a	18.1 bc
	植え溝	322.7 c	100.8 b	24.1 cd
有滴農ポリ	全層	371.5 b	114.3 a	28.1 d
	植え溝	392.8 ab	113.0 a	12.1 ab
分散分析 ^y	A:被覆資材	NS	NS	*
	B:施肥方法	**	*	NS
	A×B	**	NS	**

^z 調査は 2002 年 5 月 28 日に行った

^y 分散分析により, *は 5%水準, **は 1%水準, NS は有意差がないことを表す

^x 同一列内の異なるアルファベットは, 多重比較法 (Tukey 法) において 5%水準で有意差があることを表す

する時期（3月）においてもトンネルの換気穴の数を増やさなかったため、PO区および無滴農ポリ区では高温により生育が緩慢となり、トンネル被覆の除去時（3月28日）には、有滴農ポリ区とPO区および無滴農ポリ区の生育に大きな差がみられなかったことが考えられる。このことから、トンネル被覆内の温度が上昇しやすいPOおよび無滴農ポリは、気温が上昇する3月に換気穴を増やすなどの管理が必要である。また、トンネル被覆内の土壌水分は、肥料効果の発現に密接に関わること（第2章の第1節）から、土壌の乾湿の差が大きいPOおよび無滴農ポリでは、トンネル被覆期間中に乾燥を防ぐ灌水管理が必要であると考えられる。

ネギ栽培における植え溝施肥は肥料の利用率が高く、全層施肥と比較しても生育が同等以上になる（西畑・松本、2000；田中・小山田、2000）ことから、施肥量の削減や追肥の省力化が可能であり、広く普及してきている。初夏どり栽培では、トンネル被覆中にトンネルを除去して追肥する作業の省力化が求められており、有滴農ポリにおけるIB肥料の植え溝施肥は効果的であると考えられる（第2章の第2節）。また、植え溝施肥ではトンネル被覆期間中の追肥を行わない場合に抽苔を抑制する結果が得られている（第2章の第2節）。本実験においても、有滴農ポリの抽苔率は全層区に比べて植え溝区で低かったが、POおよび無滴農ポリでは全層区に比べて植え溝区で抽苔率が高かった。この要因として考えられることは以下のとおりである。初夏どり栽培におけるネギの花芽分化の開始時期は2月中旬であり（第1章の第2節）、この時期の植物体内の窒素レベルが低い場合には、抽苔率が高くなる（第2章の第1節）。POおよび無滴農ポリの抽苔率は、2月5日に追肥を行わなかった植え溝区で高かったことから、11月28日に施肥したIB肥料の効果は、花芽分化の開始時期である2月中旬には、すでに低下していたことが推察される。このことは、緩効性肥料

の溶出は高温になるほど早くなる（藤原ら、1996；小林、2006）ことから、有滴農ポリに比べてPOおよび無滴農ポリではIB肥料の効果が早く低下したことが抽苔率の高かった要因として推察される。このように、POおよび無滴農ポリ被覆での追肥の省力化のための植え溝施肥においては、IB肥料と比較して肥効期間の長い肥料の種類を選択する必要があり、この点については今後の検討を要する。一方、前述した乾燥防止のために、トンネル被覆内に灌水チューブを設置する場合があるが、灌水チューブを利用した液肥施用も抽苔抑制に有効な技術であると考えられる。

これまでに、ネギの抽苔制御の方法として、温度（安藤ら、2002；田畑ら、1992；Yamasakiら、2003）、窒素（山崎・田中、2005）、温度と日長（Yamasakiら、2003；吉原ら、2004）などが報告されている。山崎（2002）は、ネギとイチゴの花芽分化における環境条件に対する反応や炭素、窒素の栄養の動態について、両者の類似性が高いことを指摘した上で、イチゴの花芽分化に対する窒素の影響は高温域で強いことから、ネギの場合にも、脱春化の誘導に窒素が関わっている可能性を考察している。本実験においてPOや無滴農ポリなど保温性の高い被覆資材でも施肥方法により抽苔率に差が生じたことは、脱春化の誘導に窒素が関与している可能性を示唆しており、初夏どり栽培のような露地栽培では、温度管理と窒素施肥の調整による抽苔制御が重要であると考えられる。

以上の結果、初夏どり栽培では、POなどの保温性の高いトンネル被覆資材は花芽分化の抑制に有効であることが明らかとなった。また、保温性の高い被覆資材を用いる場合、窒素肥料をきらさないような肥培管理によって抽苔抑制の効果を高めることが必要であると考えられる。