

# 岡山県北部の長期積雪地域における 被覆尿素を用いたニンニクの全量基肥栽培

佐野 大樹・岸本 直樹・森本 泰史

The Cultivation of Garlic with the Single Basal Fertilization Using Coated Urea in the  
Long-period Snow Region in the Northern Part of Okayama Prefecture

Oki Sano, Naoki Kishimoto and Yasushi Morimoto

## 緒 言

ニンニク (*Allium Sativum* L.) は岡山県北部地域において、夏秋どりの施設園芸との複合経営が可能な品目として注目されており、市場での評価が高い‘福地ホワイト’や‘ニューホワイト’のような乾燥・調整後の外観が白色となる品種の生産が求められている。岡山県北部の長期積雪地域においては、‘福地ホワイト’は積雪下あるいは融雪直後の枯死株率が暖地由来の品種に比べて低く、新鮮1球重の平均として約100 g以上が得られ、栽培適性があると考えられた(佐野ら, 2014a)。また、本品種の安定した大玉生産のための植付適期は10月中旬頃であると考えられた(佐野ら, 2014b)。

ニンニク栽培での施肥について、岡山県北部で生産している現地では4月上中旬に1回追肥を行っている。しかし、降雨による追肥作業の遅れや、複合経営品目である春ダイコン、キャベツ、白ネギの播種あるいは定植作業等との競合を避けるため、追肥作業の省略が重要である。従って、肥効調節型肥料のマルチ内への全量基肥施用により、生育に密接にかかわる窒素を、融雪後に速く進むニンニクの生育に合わせて供給することが必要である。

加えて、肥料費の縮減及び環境負荷の軽減のため、土壌のリン酸及びカリウムの蓄積に応じて施肥量を減らすためには、窒素のみを含む被覆尿素を用いることが有効である。被覆尿素からの実際の窒素の溶出は、施用された土壌の温度によって変化するので(上野,

2008)、特に融雪期以降に窒素を供給できる溶出期間及び溶出タイプのものを用いることが必要である。

そこで、被覆尿素からの窒素の溶出パターンを考慮した全量基肥施用について検討したので報告する。

## 材料及び方法

### 1. 溶出期間30日型の被覆尿素による全量基肥栽培における生育及び1球重(試験1)

本試験では、被覆尿素からの窒素肥効が、融雪期から大きくなることをねらって設計した全量基肥施用区を設け、生育及び1球重を慣行施肥と比較した。試験は岡山県農林水産総合センター農業研究所高冷地研究室の露地圃場(真庭市蒜山東茅部、東経133度41分、北緯35度16分、標高460m、以下、研究所)において行った。試験区は表1に示す3区を設けた。慣行区は基肥にIB化成肥料を施用し、4月上旬に窒素0.3kg-N/aを追肥して合計2.7kg-N/aとした。全基N25区では、溶出期間が30日型のリニア溶出タイプ(0.4kg-N/a)及びシグモイド溶出タイプ(1.4kg-N/a)の被覆尿素(‘LPコート’, ジェイカムアグリ株)、及び尿素(0.7kg-N/a)を施用し、合計2.5kg-N/aの窒素を基肥で施用した。窒素施用量の増施による1球重の増加を検討するため、全基N30区では、全基N25区に比べてリニア溶出タイプ及びシグモイド溶出タイプの被覆尿素をそれぞれ0.2kg-N/a及び0.3kg-N/a増施した。リン酸( $P_2O_5$ )及びカリウム( $K_2O$ )は化学肥料で、それぞれ3.2kg- $P_2O_5$ /a及び2.0~2.3kg- $K_2O$ /a施用した。

以上の全基N25区及び全基N30区は、「土壌施肥管理

表1 施肥設計

処理	試験1 での 設置	試験2 での 設置	肥料名	施用量 (kg/a)	成分量(kg/a)		
					窒素 (N)	リン酸 (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	カリウム (K <sub>2</sub> O)
慣行	設置	設置	スーパーIB S562	16.0	2.4	2.6	1.9
			リンスター30	2.0	0.0	0.6	0.0
			NKC 12(4月上旬追肥)	2.0	0.3	0.0	0.4
			合計		2.7	3.2	2.3
全基N25	設置	設置	LPコート(溶出期間30日, リニア溶出タイプ)	1.0	0.4	0.0	0.0
			LPコート(溶出期間30日, シグモイド溶出タイプ)	3.5	1.4	0.0	0.0
			尿素	1.5	0.7	0.0	0.0
			PK40	10.0	0.0	2.0	2.0
			リンスター30	4.0	0.0	1.2	0.0
			合計		2.5	3.2	2.0
全基N30	設置	-	LPコート(溶出期間30日, リニア溶出タイプ)	1.5	0.6	0.0	0.0
			LPコート(溶出期間30日, シグモイド溶出タイプ)	4.2	1.7	0.0	0.0
			尿素	1.5	0.7	0.0	0.0
			PK40	10.0	0.0	2.0	2.0
			リンスター30	4.0	0.0	1.2	0.0
			合計		3.0	3.2	2.0
全基N25緩効	-	設置	LPコート(溶出期間40日, リニア溶出タイプ)	1.0	0.4	0.0	0.0
			LPコート(溶出期間40日, シグモイド溶出タイプ)	3.5	1.4	0.0	0.0
			尿素	1.5	0.7	0.0	0.0
			PK40	10.0	0.0	2.0	2.0
			リンスター30	4.0	0.0	1.2	0.0
			合計		2.5	3.2	2.0
全基N30緩効	-	設置	LPコート(溶出期間40日, リニア溶出タイプ)	1.5	0.6	0.0	0.0
			LPコート(溶出期間40日, シグモイド溶出タイプ)	4.2	1.7	0.0	0.0
			尿素	1.5	0.7	0.0	0.0
			PK40	10.0	0.0	2.0	2.0
			リンスター30	4.0	0.0	1.2	0.0
			合計		3.0	3.2	2.0

システム」に、気象庁(2014)による地域気象観測システム(AMeDAS)の上長田観測所(研究所から約5km北東に位置)の日平均気温(ただし、0℃以下の日の値は0℃に変換)を入力して、被覆尿素からの窒素の溶出パターンを推定し、融雪前から生育量がほぼ最大となる5月末までの期間を中心に溶出量が多くなる設計とした。施肥設計時には試験圃場の地温が未知であったので、地温に比較的近い値を示す気温データを代用した。

供試品種は「ニューホワイト」で、10~15gのりん片を用いた。試験圃場の土壌型は黒ボク土である。栽植距離は畝間1.4m、株間0.18m、条間0.20mの4条植え(栽植密度1,587株/a)とし、半透明のグリーンマルチを用いた。2011年10月17日に施肥及び植付けを行い、翌2012年6月上旬に抽苔した花茎を摘除し、6月20日に収穫した。1区20株を3反復設置した。

日平均気温は研究所内の気象観測装置で計測した。地温は温度センサーを畝の表面から10cmの深さの点に設置し計測した。長期積雪前(12月)、融雪期(3月)とその後の新葉展開期(4, 5月)及び収穫期(6月)に生葉数、草丈及び地際部の葉鞘径を計測した(調査

日は表2に記載)。生葉数は、完全展開葉数+展開中の葉の相対値(1枚前の展開葉の長さを1としたときの比、小数第1位)として記載した。老化、積雪下の凍害、収穫前の病害(葉枯病等)により緑色部分が10cm未満にまで短くなった葉は生葉として計測しなかった。収穫球は、球の上端から5cm上の部位で地上部と切断し、根を切って新鮮1球重を計測した。

被覆尿素からの窒素の溶出量を推定するため、供試した溶出期間30日の、リニア溶出タイプ及びシグモイド溶出タイプの被覆尿素をそれぞれ3gずつ量り取り、湿潤土60gと混合して不織布の袋に詰め、定植日の10月17日に畝の表面から10cmの深さの位置に埋設した。これらを、長期積雪前(12月)、融雪期(3月)、新葉展開期(4, 5月)及び収穫期(6月)に回収した(回収日は図2に記載)。回収した被覆尿素は水洗し、定法による窒素の溶出率と高い相関( $r^2=0.99$ )が得られている簡易測定法(新潟県, 2001)に従って、40℃の通風乾燥機中で恒量になるまで乾燥させた。被覆尿素からの窒素の溶出量は、以下の式によって推定した溶出率を、窒素施肥量にかけて算出した。

被覆尿素からの窒素の溶出率=1.20×(埋設前の重量-埋設後の乾燥重量)／埋設前の重量×100(%)

## 2. 溶出期間が30日型あるいは40日型の被覆尿素による全量基肥栽培における生育及び1球重 (試験2)

試験2では、融雪期までの窒素の溶出をやや抑えることをねらって、溶出期間が40日型の被覆尿素による全量基肥施用区を設置し、試験1と同じ慣行区及び全基N25区と比較した。全基N25緩効区及び全基N30緩効区では溶出期間が40日型の被覆尿素を用い、尿素、リニア溶出タイプ及びシグモイド溶出タイプの被覆尿素的の施用量は試験1の全基N25区及び全基N30区と同じとした(表1)。

‘ニューホワイト’の7.5~15gのりん片を用いた。試験1と同じ試験圃場、栽植距離及びマルチの条件とした。2012年10月10日に施肥及び植付けを行い、2013年6月27日に収穫した。1区20株を3反復設置した。栽培期間中の生葉数、草丈、地際部の葉鞘径及び収穫時の1球重を試験1と同様に計測した(調査日は表3に記載)。

被覆尿素からの窒素の溶出量を推定するため、試験1と同じ方法で、栽培試験で供試した溶出期間30日及び40日型の、リニア溶出タイプ及びシグモイド溶出タイプの被覆尿素的を、定植日の10月10日に圃場に埋設した。回収した被覆尿素的の乾燥重量から、窒素の溶出率を推定し、施用量にかけて溶出量を算出した(回収日は図4に記載)。

## 結果

### 1. 溶出期間30日型の被覆尿素による全量基肥栽培における生育及び1球重 (試験1)

栽培期間中の気象の概要は前報(佐野ら, 2014a)に示した。栽培を行った2011年10月から2012年6月までの平均気温は7.6℃であった。長期積雪期間は12月9日から3月23日までであった。日平均地温は植付け後の10月中旬には約20℃で、長期積雪前には約10℃に低下した。長期積雪の開始直後に日平均地温は急速に低下し、積雪下では5℃未満で推移した。融雪期から日平均地温は上昇し、収穫期には約20℃となった(図1)。

全基N25区において被覆尿素で施用した窒素は、12月20日までに約20%に当たる0.4kg-N/a、3月26日までに約60%に当たる1.1kg-N/aが溶出し、その後窒素の溶出がやや早まり、抽苔直前期に当たる5月23日までにはほぼ全量の1.8kg-N/aが溶出したと推定された。全基N30区では、12月20日までに0.6kg-N/a、3月26日まで

に1.5kg-N/a、5月23日までにほぼ全量の2.3kg-Nが溶出したとみられた(図2)。

栽培期間中の生葉数、草丈及び地際部の葉鞘径は、慣行区と全量基肥とした2処理区ではほぼ同等に推移し、生育量がほぼ最大となった抽苔開始期の5月22日には、生葉数7.1~7.3枚/株、草丈69.7~72.7cm、地際部の葉鞘径18.7~18.9mmであった(表2)。新鮮1球重は全基N25区では84g、窒素を増施した全基N30区でも87gで、慣行区の88gとほぼ同等で有意差は認められなかった(図3)。

### 2. 溶出期間が30日型あるいは40日型の被覆尿素による全量基肥栽培における生育及び1球重 (試験2)

栽培を行った2012年10月から2013年6月までの平均気温は7.6℃であった。長期積雪期間は12月18日から3月6日で、試験1に比べて根雪の消失が17日早かった。

全基N25区において被覆尿素で施用した窒素は、3月29日には施用量の約80%の1.5kg-N/aに達し、抽苔開始期に当たる5月28日までにはほぼ全量が溶出したと推定された。全基N25緩効区では、3月29日までに



図1 栽培期間中の日平均地温の推移 (試験1)  
断面からの深さ10cmの部位で計測した。1月12日~2月24日は欠測

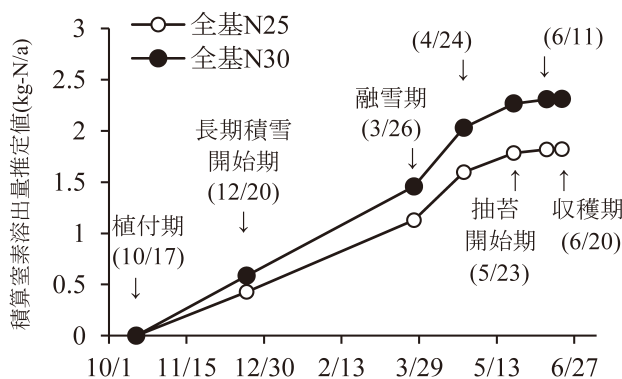


図2 被覆尿素からの積算窒素溶出量の推定値の推移 (試験1)  
全基N25区及び全基N30区ともに、図示した被覆尿素的の他に尿素的を0.7kg-N/a基肥施用した

表2 溶出期間30日型の被覆尿素による全量基肥栽培におけるニンニクの生育(試験1)

処理	生葉数(枚/個体)					草丈(cm)				地際部の葉鞘径(mm)		
	12/20	3/24	4/18	5/22	6/11	12/20	4/18	5/22	6/11	4/18	5/22	6/11
慣行	2.9	2.0	3.7	7.3	7.2	17.6	31.5	72.5	74.0	12.7	18.9	19.9
全基N25	2.7	2.2	3.6	7.0	6.9	15.1	30.6	69.7	71.7	12.5	18.5	19.3
全基N30	2.7	2.2	3.7	7.1	7.2	16.7	32.7	72.7	74.4	12.6	18.7	19.7
分散分析 <sup>2</sup>	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

<sup>2</sup> n.s.は分散分析の結果, 処理区間に5%の危険水準で有意差がないことを示す(1区20株, 3反復)

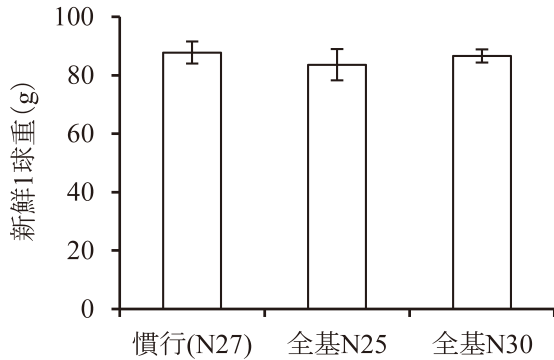


図3 溶出期間30日型の被覆尿素による全量基肥栽培におけるニンニクの新鮮1球重(試験1)

誤差線は標準誤差を示す. 分散分析の結果, 処理区間の平均値に5%の危険水準で有意差は認められなかった(1区20株, 3反復)

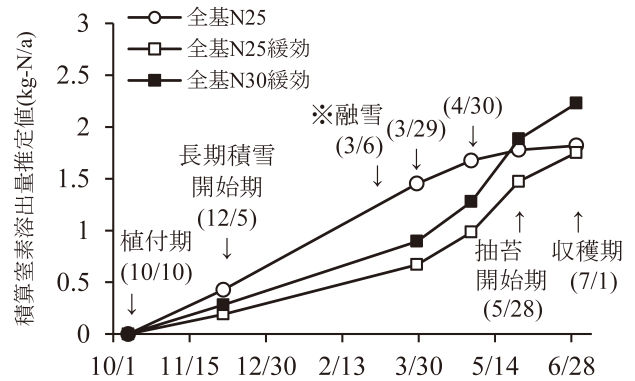


図4 被覆尿素からの積算窒素溶出量の推定値の推移(試験2) 各区ともに, 図示した被覆尿素的他に尿素を0.7kg-N/a基肥施用した

表3 溶出期間30日型あるいは40日型の被覆尿素による全量基肥栽培におけるニンニクの生育(試験2)

処理	生葉数(枚/株)				草丈(cm)			地際部の葉鞘径(mm)		
	12/3	3/26	4/30	6/26	12/3	3/26	4/30	3/26	4/30	6/26
慣行	1.8	3.3	4.9	4.4	9.0	20.8	45.9	10.6	15.2	14.8
全基N25	1.9	2.9	4.6	4.1	8.5	20.3	45.0	10.4	14.8	14.4
全基N25緩効	1.9	3.2	5.1	4.6	8.3	20.8	45.2	10.6	14.8	14.4
全基N30緩効	1.9	3.3	5.0	4.2	8.2	20.9	43.1	10.8	14.3	13.9
分散分析 <sup>2</sup>	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

<sup>2</sup> n.s.は分散分析の結果, 処理区間に5%の危険水準で有意差がないことを示す(1区20株, 3反復)

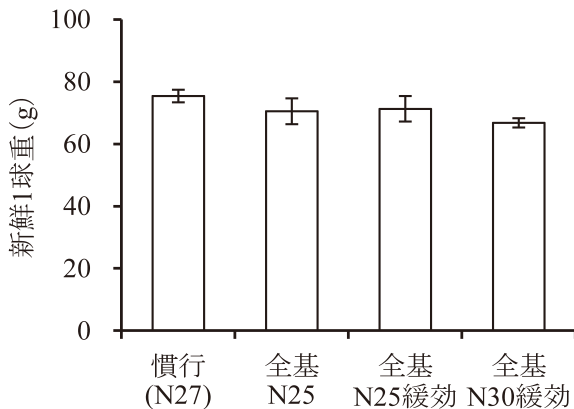


図5 溶出期間30日型あるいは40日型の被覆尿素による全量基肥栽培におけるニンニクの新鮮1球重(試験2)

誤差線は標準誤差を示す. 分散分析の結果, 処理区間の平均値に5%の危険水準で有意差は認められなかった(1区20株, 3反復)

被覆尿素から溶出した窒素は施用量の約40%に当たる0.7kg-N/aに止まっており, その後急速に溶出し, 5月28日までに約80%に当たる1.5kg-N/a, 収穫日の7月1日まではほぼ全量が溶出したと推定された. 全基N30緩効区では, 全基N30区では, 3月29日までに0.9kg-N/a, 5月28日までに1.9kg-N/aが溶出したとみられた(図4).

栽培期間中の生葉数, 草丈及び地際部の葉鞘径は, 慣行区と全量基肥の3処理区でほぼ同等に推移し, 収穫期の生葉数は4.1~4.6枚/株, 地際部の葉鞘径13.9~14.8mmであった(表3). 新鮮1球重は各処理区間に有意差は認められなかった(図5).

考察

試験1及び試験2において, 全基N25区では溶出期間

30日型のリニア溶出タイプ (0.4kg-N/a) 及びシグモイド溶出タイプ (1.4kg-N/a) の被覆尿素を基肥として施用した (表1)。全基N25区では、長期積雪開始期の12月上中旬までに被覆尿素に含まれる窒素の約20%、融雪期の3月下旬までに約60~80%が溶出し、生育量がほぼ最大となる抽苔開始期の5月下旬までにはほぼ全量が溶出したとみられた (図2及び図4)。また、試験2において溶出期間40日型の被覆尿素を用いた全基N25緩効区でも、収穫時までには被覆尿素からの窒素の溶出がほぼ終了したとみられた (図4)。寒冷地における越冬作物への被覆尿素的の施用に関しては以下の報告がある。青森県六戸町でのニンニク栽培では10月から翌年6月までの平均気温が6.2℃で、平均気温が7.6℃であった本報よりもやや寒冷な条件であったものの、10月上旬に施用した溶出期間100日型の被覆尿素 (銘柄 'LPコート') からは、7月上旬の収穫期までに窒素が施用量の4~5割しか溶出しなかった (細田, 1998)。また10月から翌年6月までの平均気温が7.4℃で、本報とほぼ同程度であった宮城県古川市におけるコムギ栽培では、10月中旬に施用した溶出期間30日型のリニア溶出タイプ及び溶出期間40日型のシグモイド溶出タイプの被覆尿素 (銘柄 'LPコート') から、6月上旬頃までに窒素施用量の約90%及び85%が溶出した (神崎・佐々木, 2008)。以上の2報告は、本報において得られた被覆尿素からの窒素の溶出の結果と矛盾しない。本報の結果から、岡山県北部の長期積雪地域においては溶出期間が30日型あるいは40日型の被覆尿素的を基肥施用することにより、栽培期間を通じてニンニクに窒素を供給できると考えられる。

2年間の試験を通じて、尿素と、溶出期間が30日型のリニア溶出タイプ及びシグモイド溶出タイプの被覆尿素的を混合した全基N25区の施肥法は、慣行施肥と同等の生育 (表2及び表3) 及び新鮮1球重 (図3及び図5) を得られたことから、施肥法として適切と考えられた。一方、融雪が3月上旬と早かった試験2において、全基N25区では、3月下旬に融雪した試験1に比べて、3月下旬までの被覆尿素からの窒素の溶出量が多い傾向にあったが (図2及び図4)、春以降の生育は慣行区と差がなかった。

また試験2において、尿素、溶出期間40日のリニア及びシグモイド溶出タイプの被覆尿素的を混合した全基N25緩効区の施肥でも、慣行施肥とほぼ同等の生育及び1球重を得られた (表3及び図5)。

なお、試験2において全基N25区は、全基N25緩効区に比べて融雪時までの窒素の溶出量が多く、融雪時の

水の降下浸透による溶脱等の損失を受ける恐れが大きいとも考えられたが (図4)、両区の間で生育 (表3) 及び新鮮1球重 (図5) には明瞭な違いが認められなかった。この原因は以下のように考えられる。被覆肥料から溶出した尿素は、土壤中で炭酸アンモニアに変化する (村山, 1984)。アンモニアはアンモニア酸化細菌と亜硝酸酸化細菌によって硝酸に酸化される (伏伏ら, 2005)。この硝化の進行は低温で抑制されることが知られており、Koops et al. (1991)は陸域から分離されたアンモニア酸化細菌の生育は0℃では認められなかったことを報告した。また、本報での長期積雪期間とほぼ同じ90日間の土壤の培養試験において、地温が2℃の条件では硝化はほとんど認められなかった (大家ら, 2013)。圃場においても低地温条件では硝化が進行しにくいことが示されている (Mizota et al., 2006; 大家ら, 2013)。本報でも、積雪後に急速に地温が2℃付近にまで下がっており (図1)、積雪下での硝化の量は少なかったと考えられる。黒ボク土ではpHによって硝酸イオンが吸着される量の変化しやすいが、通常の農耕地の微酸性の条件では吸着量は少ないのに対し、アンモニウムイオンは吸着されやすい (今井・岡島, 1980)。本報において、積雪下で被覆尿素から溶出した窒素の多くはアンモニウムイオンとして土壤に吸着され、融雪時の水の降下浸透によって、被覆尿素由来の窒素の大部分が溶脱することはなかったと推測される。また、ポリフィルムマルチ被覆部では無マルチの条件に比べて、硝酸が溶脱しにくい (大塚ら, 2007)。本報でも畝にポリフィルムマルチを行っており、融雪後の地温の上昇によって生成した硝酸の溶脱も軽減されたと考えられる。この結果、全基N25区において積雪下で被覆尿素から溶出し土壤に残存した窒素が、春以降にニンニクに吸収され、全基N25緩効区との生育及び1球重の差が小さかったものと考えられる。

しかし、大家ら (2013) の培養試験からは、基肥に速効性肥料を施用すると10~11月の約10~20℃の高い地温条件 (図1) においてアンモニアの硝化が進行し、特に融雪時の浸透水による硝酸の溶脱量が多くなることが予想される。また、融雪時の浸透水によって土壤孔隙の多くが満たされて酸素不足となり、微生物の活動によって硝酸が亜硝酸を通じて窒素ガスに還元される (脱窒) 過程で、その一部は亜酸化窒素ガスとして大気に揮散することが示されている (Nagata et al., 2009)。これらの溶脱や脱窒による窒素の損失を避けるために、ポリフィルムマルチ栽培でも全量基肥を行う場合は肥効調節型肥料の使用が必要と考えられる。

試験1及び試験2の全量基肥栽培において、窒素施用量を2.5kg-N/aから3.0kg-N/aに増やしても、明瞭な生育及び1球重の増加は認められなかったことから、これらの被覆尿素を用いた条件では2.5kg-N/aを越える量の窒素の施用は不要と考えられる。主産地の青森県のマルチ栽培での全量基肥の施肥基準は2.0~2.5kg-N/aに設定されている（青森県農林水産部，2008）。そのため、本地域における窒素施用量は2.5kg-N/aとし、今後はリニア型とシグモイド型の混合比率の改善も含めて、土壤の可給態窒素の量に応じた減肥が可能か検討することが必要と考えられる。

肥料費はIB化成肥料を主体とする慣行区で3,211円/aであったのに対し、単肥で施用した全基N25区では3,429円/aと約200円/a増加した（表4）。しかし、全基N25区の肥料費のうち約65%はリン酸及びカリウムの化学肥料が占めており、土壤診断に基づきリン酸及びカリウムを減肥すること、家畜ふん堆肥等を利用することにより、肥料費は更に削減可能と考えられた。

### 摘要

岡山県北部の長期積雪地域で、被覆尿素からの窒素の溶出パターンを考慮したニンニクの全量基肥栽培を検討した。被覆尿素は溶出期間30日型を2か年、同40日型を1か年用い、リニア溶出タイプの被覆尿素0.4kg-N/a及びシグモイド溶出タイプの被覆尿素1.4kg-N/a、尿素0.7kg-N/aを定植前に全層施用した。

溶出期間が30日型の被覆尿素で施用した窒素は、積雪が始まる12月までに約20%、融雪期の3月下旬までに約60~80%、生育量がほぼ最大となる抽苔開始期の5月下旬までにほぼ全量が溶出していると推定された。溶出期間が40日型の被覆尿素で施用した窒素は、12月までに約10%、3月下旬までに約40%、5月下旬までに約80%が溶出していると推定された。

ニンニクの生育は、溶出期間30日型あるいは40日型

の被覆尿素を用いても、慣行のIB化成肥料を基肥施用し4月に追肥を行う施肥体系とほぼ同等に推移し、収穫時に同等の新鮮1球重が得られた。窒素施用量を2.5kg-N/aから3.0kg-N/aに増やしても、生育差や1球重の増加は認められなかった。

以上の結果から、本地域におけるニンニクの全量基肥栽培では、溶出期間30日型あるいは40日型の被覆尿素を主体に窒素を2.5kg-N/a施用することにより、追肥作業が省略でき、慣行施肥と同等の生育及び1球重を得られると考えられた。

### 引用文献

- 青森県農林水産部（2008）「健康な土づくり」技術マニュアル。青森県，青森，236p。
- 細田洋一（1998）ニンニクに対する肥効調節型肥料の効果。東北農業研究，51: 221-222。
- 今井弘樹・岡島秀夫（1980）土壤の養分保持能に関する研究（第3報）NO<sub>3</sub>吸着について。土肥誌，51:102-106。
- 犬伏和之・木村真人・横山和平（2005）第8章 土壤中の生物とその働き，土壤サイエンス入門（三枝正彦・木村真人 編）。文永堂出版，東京，pp.149-176。
- 石橋英二（2005）土壤施肥管理システムの開発。岡山県農試研報，23: 33-41。
- 石橋祐二・小川 勉・松原徳行（1987）ニンニクの品種の特性と分類。長崎総農林試研報（農），15:95-111。
- 神崎正明・佐々木次郎（2008）肥効調節型肥料を用いたシラネコムギの全量基肥栽培。日作東北支部報，51: 45-47。
- 気象庁（2014）気象統計情報。  
<<http://www.jma.go.jp/jma/menu/report.html>>。
- Koops, H.-P., Bottcher, B., Moller, U. C., Pommerening-

表4 肥料費及びその内訳

処理区	肥料名	施用量 (kg/a)	単価 (円/kg)	肥料費 (円/a)
慣行	スーパーIB S562	16.0	175	2,802
	リンスター30	2.0	112	224
	NKC 12	2.0	93	186
	合計			3,211
全基N25 及び 全基N25緩効	LPコート(溶出期間30あるいは40日、リニア溶出タイプ)	1.0	234	234
	LPコート(溶出期間30あるいは40日、シグモイド溶出タイプ)	3.5	241	842
	尿素	1.5	80	120
	PK40	10.0	179	1,788
	リンスター30	4.0	112	447
合計				3,429

- Roser, A. and G. Stehr (1991) Classification of eight new species of ammonia-oxidizing bacteria: *Nitrosomonas communis* sp. nov., *Nitrosomonas ureae* sp. nov., *Nitrosomonas aestuarii* sp. nov., *Nitrosomonas marina* sp. nov., *Nitrosomonas nitrosa* sp. nov., *Nitrosomonas eutropha* sp. nov., *Nitrosomonas oligotropha* sp. nov. and *Nitrosomonas halophila* sp. nov.. Journal of General Microbiology, 137:1689-1699.
- Mizota, C., Yamaguchi, Y. and K. Noborio (2006) Microbial transformation of nitrogen in cattle slurry as applied to an andisol glassland. J. Jpn. Soc. Soil Phys., 104:13-26.
- 村山 登 (1984) Ⅷ. 肥料の種類と性質, 作物栄養・肥料学 (村山 登・山根一郎・松田敬一郎 編). 文永堂出版, 東京, pp.252-283.
- Nagata O., Sugito T., Kobayashi R. and R. Sameshima (2009) Nitrous oxide emissions following the application of wheat residues and fertilizer under conventional-, reduced-, and zero-tillage systems in central Hokkaido, Japan. J. Agric. Meteorol., 65: 151-159.
- 新潟県 (2001) 被覆尿素肥料の溶出率の簡易測定法. 平成12年度新潟県農林水産業研究成果集. <<http://www.ari.pref.niigata.jp/nourinsui/seika00/katuyou/07/000207.html>>
- 大塚英一・金子文宣・松丸恒夫 (2007) ニンジンのマルチ内施肥による肥料窒素の溶脱抑制効果. 千葉農総研セ研報, 6: 31-37.
- 大家理哉・鷺尾建紀・石橋英二 (2013) 水稻非作付け期間に施用した家畜ふん堆肥等有機物中の窒素の動態. 土肥誌, 84: 437-446.
- 佐野大樹・岸本直樹・森本泰史 (2014a) 岡山県北部の長期積雪地域におけるニンニク '福地ホワイト' の栽培適性. 岡山県農業研報, 5: 17-21.
- 佐野大樹・岸本直樹・森本泰史 (2014b) 岡山県北部の長期積雪地域におけるニンニク '福地ホワイト' の植付適期. 岡山県農業研報, 5: 23-29.
- 上野正夫 (2008) 8 肥効調節型肥料, 肥料便覧 第6版 (塩崎尚郎 編). 農山漁村文化協会, 東京, pp.96-127.