

## 寒地北海道における水稻への尿素の側条施肥\*

### Effects of urea application on rice growth in a cold area

岡田佳菜子 Kanako OKADA\*\*

佐藤 佑樹 Yuki SATO\*\*

河合 輝 Akira KAWAI\*\*

角田 憲一 Kenichi KAKUDA\*\*\*

#### Abstract

This study was conducted to clarify the effects of side dressing with a urea nitrogen fertilizer on rice growth over 2 successive years. When urea was side dressed on the paddy rice, the number of tillers was higher in comparison to paddy rice without the urea side dressing starting at 15 days after transplanting, and the grain yield increased due to the higher number of spikelets per square meter. The milled rice protein contents were lower in the rice grown with the urea side dressing. Therefore, we concluded that the plant growth and grain yield of paddy rice were comparable between the rice grown with the urea side dressing and that grown with an ammonium side dressing.

**keywords:** 初期生育, 窒素, 土壌中アンモニア態窒素, 葉色

#### 1. はじめに

作物への施肥は過不足のないよう行うことが基本である。適切な施肥を行い収量および品質の高い作物をえることにより、肥料コストの低減および環境への負荷を抑えることが出来る。側条施肥は寒地における稲作の安定化に欠かせない施肥技術である。北海道において水稻に窒素を側条施肥した場合、移植30日までの茎数は増加し、有効茎決定時期の早まることが明らかとなっている<sup>1)</sup>。一方、側条施肥をすると窒素の吸収量が増加し、籾数過剰となり、玄米品質の低下する恐れのあることが指摘されている<sup>2)</sup>。そのため、水稻では側条施肥を施肥法に組み込む場合、施肥標準量から窒素0.5kg/10aを減肥するよう指導されている<sup>3)</sup>。

国内の水田では一般的に基肥として高度化成を使い、窒素原料としてアンモニア系の肥料を使用する。尿素はアンモニア系肥料と比べ、肥料中の窒素含有率の高いことから窒素当たり価格が安く、散布時の作業軽減につながる<sup>4)</sup>。しかし水田において尿素を使用する機会は限られている。尿素は土壌に散布後、加水分解を経てアンモニアとなり水稻に吸収される。従って、施肥直後に湛水すると田面水中の尿素は溶脱および流亡する恐れがある。北海道において尿素を全層施肥した場合、施肥から6日で加水分解の完了することから、施肥後は一週間入水を控えるよう指導されている<sup>5)</sup>。一方、尿素を側条施肥すると全層施肥と比べ高濃度で土壌中に存在することになり、加水分解速度やその後の肥料の挙動に影響を及ぼすことが予想される。

そこで本試験では、尿素を側条施肥した時の水稻の生育と収量および玄米品質に及ぼす影響を硫酸の場合と比較し、水田における適切な尿素の施肥方法を明らかにすることを目的とした。

#### 2. 実験方法

本試験は2016年と2017年に北空知管内の深川市拓殖大学北海道短期大学水田で実施した。供試圃場は細粒質腐植質褐色低地土に分類され、土壌の化学性(0~10cm)は、pH(H<sub>2</sub>O)5.5、腐植含量9.1%、湛水培養窒素(40℃1週間)12mg/100g、CEC33meq/100gであり、日減水深は1.9cmである。

品種「ななつぼし」の成苗ポット苗を株間と条間0.13m×0.33m、栽植密度23.3株/m<sup>2</sup>となるよう、2016年と2017年の5月29日にそれぞれ機械移植した。リン酸とカリの施肥はそれぞれ7,6g/m<sup>2</sup>を全層に混和した。窒素は全層施肥と側条施肥を行い、全層施肥は全ての処理区において8g/m<sup>2</sup>の窒素を代かき後に散布し、再度代かきを行い混和した。側条施肥は、株元から横3cmの位置に幅2cmとなるよう深さ4cmに行った。処理区は側条施肥量の異なる3処理(0, 2, 4 g N/m<sup>2</sup>)と2種類の窒素肥料(硫酸, 尿素)を組み合わせ、硫酸8-0, 硫酸8-2, 硫酸8-4, 尿素8-0, 尿素8-2, 尿素8-4の合計6処理区とした。一区当たり面積は83m<sup>2</sup>、反復は4として乱塊法で実施した。

#### 3. 硫酸側条施肥による水稻生育への影響

試験を行った2016年と2017年の気象の特徴として、2017年は移植直後の6月に低温・低日照となったが、北空知管内の作況は2016年102、2017年103となり両年とも良好であった。

本試験を行った圃場における窒素の施肥標準量<sup>3)</sup>は、全量全層施肥の場合は10.0kg/10a、側条施肥を組み合わせた場合は9.5kg/10aであり、本試験の8-0区はこれらと比べ2kg少なく、8-2区は0.5kg多く、8-4区は2.5kg多く窒素を施肥することになる。これらを考慮しながら硫酸区の考察をすすめると、側条施肥区の総窒素施肥量は標準より多く、2016年は硫酸の側条施肥区は籾数過剰となったため増収にはつながらなかったと考えられる(表1)。また、側条施肥により硫酸8-4の有効茎決定時期は早まったが(表2)、玄米の外観品質を示す整粒歩合の高まることはなく、これは籾数過剰であったためと考えられる(表1)。これに対して2017年はどの処理区も

\* 原稿受付 2021年10月22日

公益財団法人 北農会 機関誌「北農」第88巻第1号 2021年1月 pp.18-24

\*\* 拓殖大学北海道短期大学農学ビジネス学科

\*\*\* 山形大学農学部

表1 収量および玄米品質

年次	処理区	精玄米重 (kg/10a)	屑米 (kg/10a)	稈数 (千粒/m <sup>2</sup> )	穂数 (本/m <sup>2</sup> )	一穂稈数 (粒/本)	登熟歩合 (%)	玄米千粒重 (g)	整粒歩合 (%)	精米タンパク質 含有率(%)
2016 年	硫安 8-0	599 (100)	84	33.8	606	55.8	87.6	22.4	93.8	7.2
	硫安 8-2	588 (98)	103	36.5	673	54.2	84.3	22.3	93.5	7.5
	硫安 8-4	588 (98)	105	35.2	647	54.5	82.1	22.2	93.8	7.4
	尿素 8-0	528 (88)	69	33.3	574	58.0	84.8	22.5	95.5	7.3
	尿素 8-2	560 (93)	80	34.2	620	55.1	87.5	22.5	95.2	7.0
	尿素 8-4	568 (95)	85	34.6	606	57.2	83.7	22.4	95.1	7.1
分散分析	種 類	ns	**	ns	*	ns	ns	*	**	*
	施 肥 法	ns	*	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns
	交互作用	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
2017 年	硫安 8-0	669 (100)	36	29.3	510	57.5	90.9	23.0	83.6	7.1
	硫安 8-2	687 (103)	24	29.8	503	59.1	90.7	23.2	85.3	7.3
	硫安 8-4	676 (101)	32	35.2	519	67.9	92.6	23.1	84.1	7.4
	尿素 8-0	613 (92)	21	28.5	484	58.8	88.5	22.9	87.3	7.1
	尿素 8-2	639 (96)	21	30.0	476	63.0	89.9	23.3	87.4	7.0
	尿素 8-4	620 (93)	23	30.5	495	61.6	92.2	23.1	87.5	7.0
分散分析	種 類	**	**	ns	*	ns	ns	ns	*	**
	施 肥 法	ns	ns	*	ns	*	ns	ns	ns	ns
	交互作用	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

\*, \*\*はそれぞれ5%, 1%水準で有意であることを, nsは有意でないことを示す。  
カッコ内はその年の硫安8-0精玄米重に対する割合を示す。

表2 茎数および穂数の推移

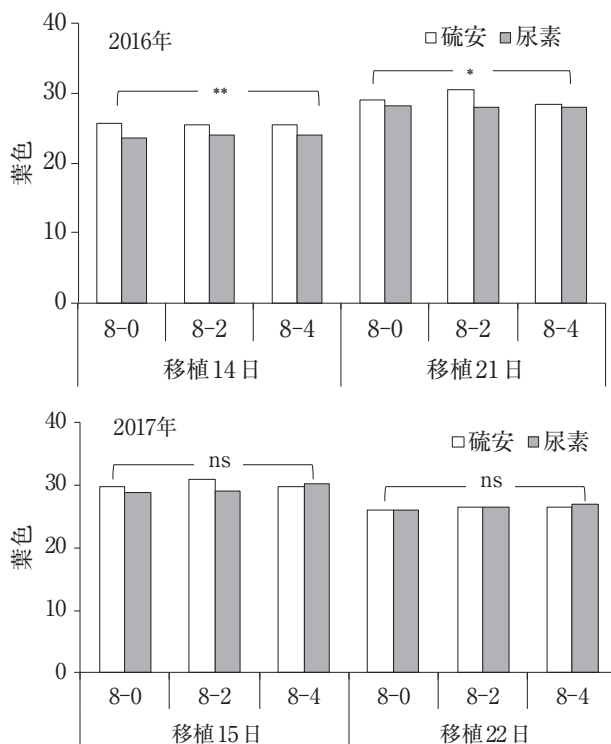
		移植後日数 (日)							
		14	21	28	35	42	48	61	114
2016 年	硫安 8-0	87 (100)	91 (100)	151 (100)	276 (100)	427 (100)	596 (100)	581 (100)	606 (100)
	硫安 8-2	89 (102)	91 (100)	151 (100)	299 (108)	489 (115)	626 (105)	607 (104)	673 (111)
	硫安 8-4	86 (99)	97 (106)	167 (110)	318 (115)	523 (122)	654 (110)	644 (111)	647 (107)
	尿素 8-0	82 (93)	89 (98)	151 (100)	282 (102)	394 (92)	536 (90)	571 (98)	574 (95)
	尿素 8-2	83 (95)	92 (101)	175 (115)	337 (122)	446 (104)	549 (92)	629 (108)	620 (102)
	尿素 8-4	82 (93)	94 (103)	163 (108)	289 (105)	470 (110)	649 (109)	633 (109)	606 (100)
分散分析	種 類	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*
	側条施肥	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns
	交互作用	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
		移植後日数 (日)							
		15	22	29	36	43	50	59	99
2017 年	硫安 8-0	135 (100)	161 (100)	280 (100)	471 (100)	524 (100)	578 (100)	535 (100)	510 (100)
	硫安 8-2	144 (106)	164 (108)	308 (110)	468 (100)	534 (102)	581 (101)	540 (101)	503 (99)
	硫安 8-4	138 (102)	176 (109)	304 (109)	492 (105)	566 (108)	620 (107)	547 (102)	519 (102)
	尿素 8-0	145 (107)	165 (102)	291 (104)	465 (99)	528 (101)	561 (97)	490 (92)	484 (95)
	尿素 8-2	152 (112)	196 (122)	294 (105)	484 (103)	552 (105)	558 (97)	553 (103)	476 (93)
	尿素 8-4	154 (114)	183 (114)	291 (104)	478 (102)	541 (103)	541 (94)	512 (96)	495 (97)
分散分析	種 類	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*
	側条施肥	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns
	交互作用	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

\*, \*\*はそれぞれ5%, 1%水準で有意であることを, nsは有意でないことを示す。  
カッコ内は同一日の硫安8-0区に対する茎数割合を示す

稈数レベルの低くなったことから硫安8-2と硫安8-4は硫安8-0と比べやや増収し、側条施肥による増収効果をえられた。また2017年は刈り取り時期が適期の20日後となり遅かったことも増収要因であろう。一方、お米の食味指標となる精米タンパク質含有率は硫安8-0と比べ硫安8-2、硫安8-4において兩年ともやや高くなり、北海道米の目標タンパク値7.0%以下を上回り、目標値を達成できなかった（北海道，2015）。これは側条施肥により分けつ過剰となったことにより、登熟期間の草型が乱れ、吸収窒素の玄米生産効率が低下したためと推察される。これらの結果から、硫安では側条施肥を組み込んだ場合、精米タンパク質含有率の高まる恐れのあることから、従来通り総窒素施肥量からの減肥が必要であることを改めて確認できた。

#### 4. 尿素的全層施肥による水稻生育への影響

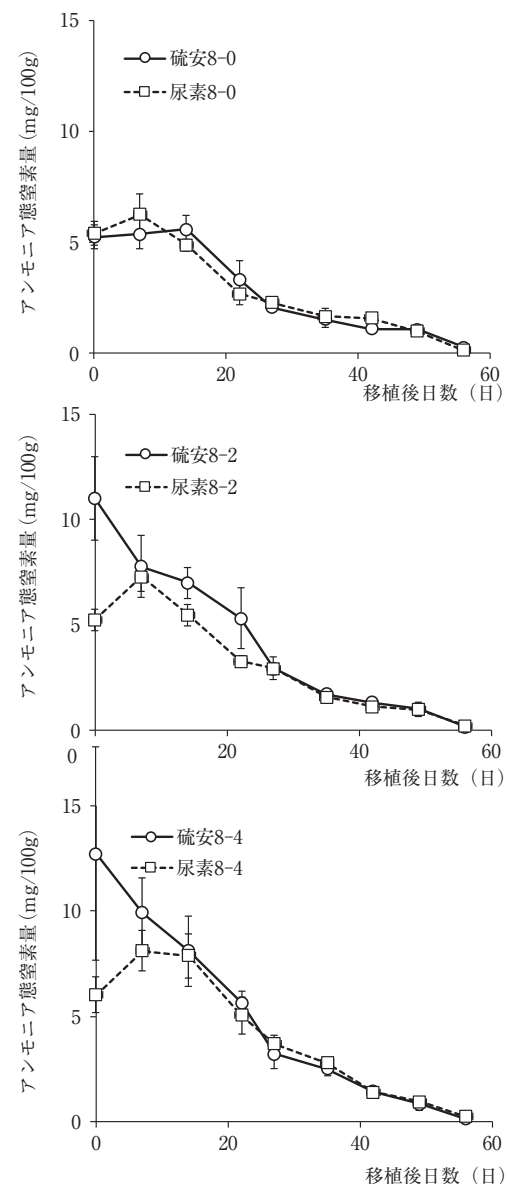
尿素8-0区と硫安8-0区の生育を比較すると、2016年に尿素を施肥したときの葉色は、硫安を施肥した場合と比べ移植14日において有意に低くなった（図1）。これは移植直後の尿素区の茎数が硫安と比べ少なく、初期生育の劣る傾向と一致する（表2）。移植後の尿素区において葉色の低くなる理由として、加水分解による影響が考えられる。移植後の作土0-10cmにおける土壌中のアンモニア態窒素量は、硫安8-0と比べ尿



\*, \*\*はそれぞれ5%, 1%水準で肥料間で有意であることを、nsは有意でないことを示す。

図1 年次ごとの生育初期の葉色

素8-0で一週間遅れてピークを迎えており、この間に尿素区に施肥した尿素的加水分解が進んだものと考えられる（図2上段）。一方、尿素8-0区では硫安8-0区と比べ兩年ともに玄米収量は減少した（表1）。これは尿素区において穂数及び稈数の少なくなったためであった。尿素8-0区の茎数をみると、2016年は移植42日（出穂22日前）以降、2017年は移植50日（出穂10日前）以降に硫安8-0区より少ない傾向となった（表2）。また精米タンパク質含有率は尿素8-0区で低くなった。これらのことから、尿素8-0区では生育中頃以降の窒素の吸収が硫安8-0と比べ少なかったと推察される。尿素区では全層施肥した尿素が田面水から流亡し、窒素吸収量の減少につながったと考えられる。本試験では代かき後に尿素的を施肥・



縦棒は標準誤差を示す

図2 2016年の土壌中アンモニア態窒素量

混和したが、代かき前に施肥・耕起し、加水分解後に入水した場合は、硫安と同等の生育量を得られると考えられる。

## 5. 尿素の側条施肥による水稻生育への影響

本試験において尿素を側条施肥した区の土壤中アンモニア態窒素量のピークは硫安を側条施肥した時と比べ遅れた（図2）。しかし、尿素を側条施肥した場合、幼穂形成期（2016年移植28日、2017年移植29日）までの茎数は尿素8-0区と比べ1から2割増加し、硫安を側条施肥した場合と同程度の初期生育を促進する効果のあることが明らかとなった（表2）。尿素の初期生育促進効果は、初期生育の遅れた2016年と、通常気象年の2017年ともに認められた。これらの結果は尿素肥料を側条用に使用すると硫安と同程度の効果の見込めることを示している。また尿素を側条施肥した作土のアンモニア態窒素量は、施肥直後と一部をのぞき硫安と変わらなかった（図2中、下段）。したがって尿素を側条施肥した場合、揮散・溶脱による肥料の損失は大きくないと考えられる。本試験を行った水田の日減水深は1.9cmと比較的大きいことから、これより減水深の小さい水田では尿素の側条施肥による初期生育促進効果を得られると判断した。

## 6. 結言

本試験では寒地北海道の褐色低地土水田において、尿素を全層施肥および側条施肥したときの水稻の生育及び収量に及ぼす影響を二か年に渡り明らかにした。本試験より得られた結論は以下のとおりである：

(1) 硫安では側条施肥を組み込んだ場合、全量全層施肥とした場合と比べ精米タンパク質含有率の高まる恐れのあることから、従来通り総窒素施肥量からの減肥が必要である。

(2) 尿素を全層施肥した場合、硫安を全層施肥した場合と比べ減収した。これは、尿素を施肥すると出穂前10から22日以降の生育が停滞し、穂数の少なくなるためであった。

(3) 尿素による側条施肥は、硫安を側条施肥した場合と比べ、移植直後の生育が一時的に停滞した。しかし、その後は尿素の側条施肥による初期生育促進効果が認められ、収量は硫安の側条施肥とかわらなかったことから、寒地における尿素の側条施肥は硫安の側条施肥と同程度の効果を得られると判断した。

**謝辞：**本研究は、「拓殖大学理工学総合研究所研究助成」の支援により玄米外観品質の分析（穀粒判別機ES-V、静岡製機）を2018年に実施したことをここに記し、関係各位に謝意を表します。

## 6. 引用文献

- 1) 三浦周・坂本宣崇・古山芳廣：寒地における側条施肥水稻に対する窒素追肥の影響，北海道立農業試験場集報，63, 31-39, 1991.
- 2) 土居晃郎・古山芳広：水稻に対する側条施肥の表層施肥効果，北農，52, 45-56, 1985.
- 3) 北海道農政部：北海道農政部北海道施肥ガイド2015, p.19, 2015.
- 4) 農林統計協会：農林統計協会ポケット肥料要覧2019/2020, p.57, 2019.
- 5) 北海道農政部：北海道農政部水稻に対する粒状化成の側条施肥効果，昭和59年普及奨励ならびに指導参考事項，p.323-327, 1984.