

2) 深根性作物の導入による汚染軽減対策

(1) 目的

たまねぎ連作畑や野菜専作畑のように硝酸性窒素が土壌深層まで蓄積した圃場における硝酸汚染軽減対策として、地下1m前後の硝酸性窒素を吸収でき、かつ収益性があり営農に組み込める深根性作物を選定するとともに、その浄化能力を発揮させる栽培技術を確立する。

深根性作物としては、窒素吸収に関する試験例が少ないそば、飼料用とうもろこし、産業用アサを取り上げる。産業用アサについては、大麻取締法による栽培規制に加えて種子の入手が困難であり、現在のところ栽培は不可能であるが、ここでは作物としての特性を検討する。

なお、本技術は、後作緑肥の導入が困難で、硝酸汚染軽減効果が認められる秋まき小麦^{1,2)}などを輪作できない圃場における対策として位置付ける。

(2) 試験方法

- ① 試験年次：2005～2008年
- ② 供試圃場・土壌：北見農試（表層腐植質多湿黒ボク土）
- ③ 供試作物・品種：そば「キタワセソバ」、飼料用とうもろこし「チベリウス」、産業用アサ「とちぎしろ」
- ④ 試験処理
 - a. 栽植密度：そばは条播（畦間30cm）で播種量は10aあたり5kg、飼料用とうもろこしは同じく7576株（畦間60cm、間23cm）とした。産業用アサは10aあたり4167株（60cm、40cm）を「標準」とし、窒素施肥・栽植密度の組み合わせ試験ではほか「疎植」2083株（株間80cm）、「密植」8333株（同40cm）、「超密植」69444株（24cm、6cm）を設定した。
 - b. 施肥量：2005年はそばがN-P₂O₅-K₂O-MgO (kg/10a)

＝3.0－6.5－4.5－1.4、飼料用とうもろこしと産業用アサはともに10.0－18.0－12.0－5.0とした。同じく2006～2008年はそば3.0－10.0－8.0－3.6、飼料用とうもろこし15.0－20.0－12.0－3.6、産業用アサ³⁾は10.0－15.0－8.0－3.6kg/10aとし、窒素施肥試験では他にそばで0、飼料用とうもろこしでは0、5、10、産業用アサでは0、5、20kg/10aを設定した。

- ⑤ 播種日：4箇年の平均で、そばは5月30日、飼料用とうもろこしは5月28日であった。産業用アサはてんさい用ペーパーポットに5月14日に播種し（無肥料）、苗を5月28日に本圃へ定植した。

(3) 結果および考察

① 作物の特性と硝酸汚染軽減効果

標準的な施肥における窒素吸収量と土壌中の無機態窒素含量の変化を比較した。

各作物とも収穫期における窒素吸収量は施肥量を上回り、その差し引き（窒素持出量・全量搬出）は平均でそば5.7kg/10a、飼料用とうもろこし4.4kg/10a、産業用アサ7.2kg/10aであった（表Ⅱ-2-2-1）。播種・定植前の土壌無機態窒素含量が多いと窒素吸収量も多くなる傾向にあり、全量搬出としたときの窒素持出量は、深さ0～200cm土層内の窒素量が36kg/10aの場合には約17kg/10aに達した（図Ⅱ-2-2）-1①）。しかしながら、産業用アサについては、大麻取締法により、圃場外への葉の搬出が禁止されているため、茎のみを搬出することになる。収穫部位のみを搬出した場合、窒素持出量は飼料用とうもろこしで概ねプラスとなったが、そばでは播種前の土壌無機態窒素含量によらずわずかにマイナス、産業用アサはいずれの場合もマイナスとなった（図Ⅱ-2-2-1②）。なお、土壌無機態窒素量は、各作物とも栽培期間中に減少した（表Ⅱ-2-2-1）。

表Ⅱ-2-2-1 深根性作物による窒素吸収量と窒素持出量（2005～2008年平均）

| | | そば | 飼料用 とうもろこし | 産業用アサ (9月上旬) |
|----------------------------------|--------------|------|--------------------|-----------------|
| 春期 土壌無機態窒素含量 ^{*1} | (kg/10a) | 18.1 | 17.5 | 18.2 |
| 窒素施肥量 | A (kg/10a) | 3.0 | 13.8 ^{*5} | 10.0 |
| 窒素吸収量(全量) | B (kg/10a) | 8.7 | 18.1 | 17.2 |
| (収穫部位 ^{*2}) | b (kg/10a) | 2.4 | 18.1 | 5.0 |
| 窒素持出量(全量搬出) | B-A (kg/10a) | 5.7 | 4.4 | (7.2) |
| (収穫部位のみ搬出) ^{*3} | b-A (kg/10a) | -0.6 | 4.4 | -5.0 |
| 栽培期間中土壌無機態窒素の減少量 ^{*1,4} | (kg/10a) | 9.0 | 7.1 | 8.7 |

*1 深さ0-200cm. *2 そばは子実、飼料用とうもろこしは全部、産業用アサは茎。

*3 収穫部位以外がすき込まれた場合。

*4 播種・定植前の量から収穫後の残存量を差し引いた量。

*5 2005年は10.0kg/10a、他は15.0kg/10a。

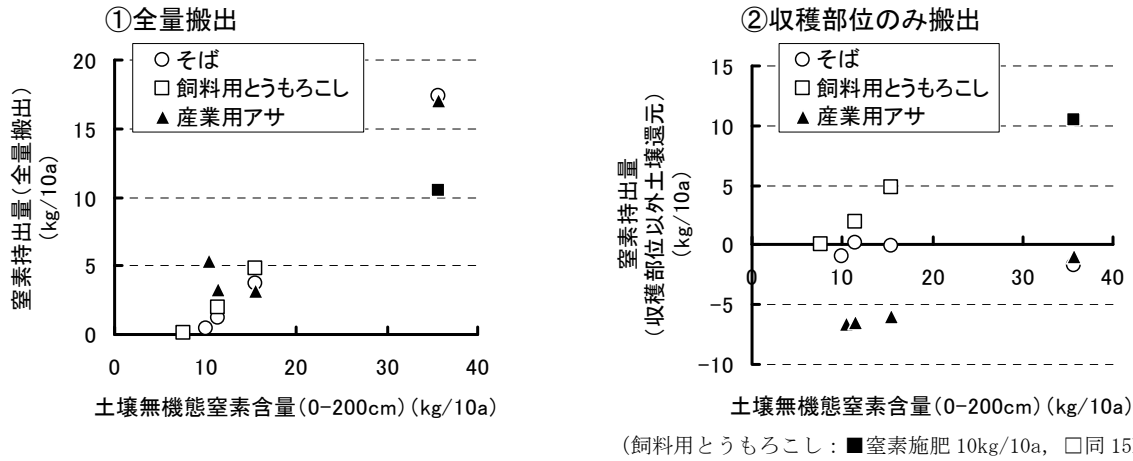


図 II-2-2-2 播種・定植前の土壤無機態窒素含量と収穫時における窒素持出量の関係 (2005~2008年)

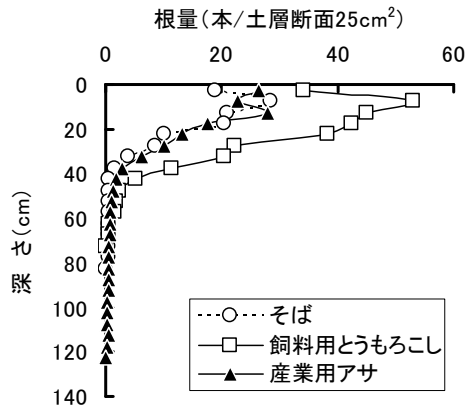


図 II-2-2-3 収穫期における根の分布 (2005年)

表 II-2-2-2 栽培前後における土層内の無機態窒素分布と秋期の浸透水中硝酸性窒素濃度 (2005年)

| 深さ (cm) | 播種・定植前 | 秋期 | | |
|-----------------------------------|--------|-----|----------|-------|
| | | そば | とうもろこし*1 | 産業用アサ |
| 0-20 | 5.1 | 1.4 | 1.5 | 1.1 |
| 20-40 | 5.3 | 0.9 | 1.2 | 1.2 |
| 40-60 | 5.8 | 1.5 | 1.7 | 1.4 |
| 60-80 | 3.4 | 1.6 | 3.2 | 3.5 |
| 80-100 | 3.2 | 1.9 | 4.0 | 1.3 |
| 100-120 | 2.6 | 1.8 | 1.9 | 1.1 |
| 120-140 | 2.9 | 1.4 | 2.5 | 1.0 |
| 140-160 | 2.7 | 1.2 | 2.1 | 0.8 |
| 160-180 | 2.8 | 1.2 | 2.2 | 1.4 |
| 180-200 | 1.8 | 1.1 | 1.5 | 1.2 |
| 浸透水中 NO ₃ -N 濃度 (mg/L) | — | — | 13.0 | 6.4 |

播種・定植前: 5月25日, 秋期: 10月5日. *1 飼料用とうもろこし.

収穫調査時の根の深さは飼料用とうもろこしで 70cm, そばで 80cm, 産業用アサは 120cm に達し (図Ⅱ-2-2-2), 飼料用とうもろこしは浅い位置の根の本数が他より多かった。飼料用とうもろこしは秋期における深さ 60cm 以深の土壌無機態窒素含量が他より多く, (表Ⅱ-2-2-2) 相対的に施肥を含む浅い位置から窒素を多く吸収していると見られる。秋期の浸透水中の硝酸性窒素濃度は産業用アサ跡地で飼料用とうもろこし跡地を下回った (表Ⅱ-2-2-2)。

② 窒素持出に対する施肥の影響

各作物について窒素施肥を異にした場合における窒素吸収量と窒素持出量を比較した。窒素持出量は, そばおよび飼料用とうもろこしでは, 地上部全量搬出, 産業用アサについては茎のみを搬出する条件で検討した。

窒素吸収量は, 各作物とも窒素施肥量が多くなると概ね増加した (図Ⅱ-2-2-4)。しかし, 窒素持出量は各作物とも窒素施肥なし (=N0) のときに最も多くなり, 土層内の無機態窒素含量 (深さ 0~200cm) が平均 13.4kg/10a と蓄積程度が大きくない条件において, そばで 3.9kg/10a, 飼料用とうもろこしで 7.9kg/10a, 産業用アサ (栽植密度標準) で 1.9kg/10a となった (表Ⅱ-2-2-3)。なお, 播種・定植前において土壌無機態窒素含量が多いときの窒素持出量は, より大きくなると考えられる。また, 栽植を密にした場合, 産業用アサでは収量や窒素持出量が増加したが, 他の作物でも同様に増加すると考えられる。

③ 硝酸汚染軽減のための深根性作物の導入指針

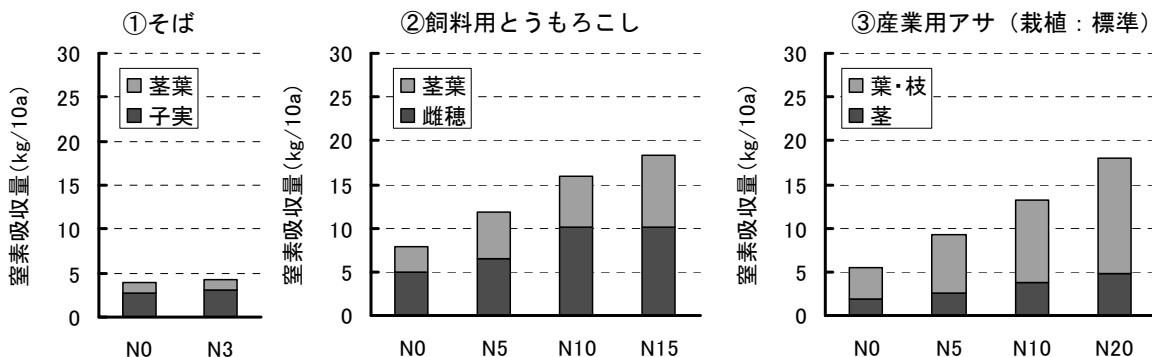
本結果と既往の成果^{1,2,4)}をもとに, 深根性作物による硝酸汚染軽減効果と導入指針について表Ⅱ-2-2-4 に整理した。

これら 3 作物の導入は, 明らかに土壌中に窒素が蓄積している場合に効果的であるが, 無窒素栽培では収益性が低くなることから, 導入間隔は可能な限り長いことが望まれる。葉菜類野菜専作畑およびたまねぎ連作畑を対象とした場合のそばおよび飼料用とうもろこしの導入間隔について, ここでの結果および硝酸性窒素汚染リスク評価ソフト NiPRAS⁵⁾ の計算結果をもとに, 窒素の投入と持出量, 余剰水量からみた窒素残存許容量の関係からみると, 葉菜類野菜専作畑では余剰水量 400mm (網走) のとき 2~3 年, 同 600mm (空知南部, 胆振西部) で 4~5 年程度, たまねぎ連作畑ではそれぞれ 3~4 年, 9~12 年に 1 度以上が適当と見積もられた (表Ⅱ-2-2-5)。

なお, 深根性作物を導入し全量搬出した場合の跡地では, 窒素以外の養分も持ち出されるので, 次作物栽培時には土壌診断に基づいて施肥対応を行うこととする。

(4) 要 約

- ① 標準的な窒素施肥で栽培した場合, そばおよび飼料用とうもろこしでは, 地上部を全量搬出することで圃場からの窒素の持ち出しが可能であるが, 産業用アサにおいては茎のみの搬出となり, 収支上圃場からの窒素の持ち出しは期待できない。
- ② 硝酸汚染軽減の観点からみた場合はいずれの作物とも無窒素栽培が望ましいと判断された。
- ③ 深根性作物による硝酸汚染軽減効果と導入指針を整理した。また, 露地野菜畑におけるそばおよび飼料用とうもろこしの適切な導入間隔は, 葉菜類野菜専作畑では余剰水量 400mm のとき 2~3 年, 同 600mm で 4~5 年程度, たまねぎ連作畑ではそれぞれ 3~4 年, 9~12 年に 1 度以上と見積もられた。



図Ⅱ-2-2-4 深根性作物の窒素施肥量と窒素吸収量 (2007・2008年平均)

表Ⅱ-2-2-3 深根性作物の窒素施肥量と収量・窒素持出量（2007・2008年平均）

| | | そば | | 飼料用とうもろこし | | | |
|-------------|----------|-----|-----|-----------|------|------|------|
| | | N 0 | N 3 | N 0 | N 5 | N 10 | N 15 |
| 収量*1 | (kg/10a) | 175 | 210 | 1205 | 1436 | 1902 | 1851 |
| 窒素持出量(全量搬出) | (kg/10a) | 3.9 | 1.3 | 7.9 | 6.9 | 5.9 | 3.3 |

| | | 産業用アサ*3 | | | | | | | | |
|-----------------------|----------|---------|------|------|-------|-----|------|-----|------|------|
| | | 標準 | | | 疎植 | | 密植 | | 超密植 | |
| | | N 0 | N 5 | N 10 | N 20 | N 0 | N 10 | N 0 | N 10 | N 10 |
| 収量(茎・乾物) | (kg/10a) | 377 | 510 | 582 | 599 | 265 | 412 | 492 | 853 | 1995 |
| 窒素持出量 (収穫部位のみ搬出)*2 | (kg/10a) | 1.9 | -2.4 | -6.2 | -15.2 | 1.4 | -7.2 | 2.2 | -4.8 | 1.7 |

*1 そばは子実(乾物)、飼料用とうもろこしは全部(乾物)

*2 収穫部位以外がすぎ込まれた場合

*3 疎植 2083 株(畦間 60cm×株間 80cm)、密植 8333 株(株間 20cm)、超密植 69444 株(24cm×6cm)

表Ⅱ-2-2-4 深根性作物による硝酸汚染軽減効果と導入指針

| 種類 | そば | 飼料用 とうもろこし | 産業用アサ※ | 秋まき小麦*2 (参考) |
|---------------------------|-----------------|---------------|--------|-----------------|
| 通常施肥時 窒素持出量*1 (kg/10a) | 0~17 (-2~1) | 0~6 | (-7~0) | 0~10 |
| 窒素施肥量 (硝酸対策) (kg/10a) | 0 | 0 | 0 | 2~4 (基肥のみ) |
| 対策時 窒素持出量*1 (kg/10a) | 3~17 (2~13) | 7~9 | (2~9) | 7~12 |
| 翌年作付作物への 施肥対応 | 土壌診断に基づいて 行う | 同左 | 同左 | 同左 |

*1 全量搬出の場合、カッコ内は収穫部位のみ搬出の場合。

*2 既往の成果^{1, 2, 4)}を参考にして設定。

※ アサの栽培に際しては、国内の数少ない主産地では現在、外部への種子の譲渡を禁じていることから、種子の入手は困難であり、事実上栽培は不可能である。

表Ⅱ-2-2-5 窒素持出量と窒素残存許容量からみた露地野菜畑における深根性作物の導入間隔の目安

| 種類 | 余剰水量 | 葉菜類野菜専作畑*1 | | | たまねぎ連作畑*2 | | |
|---------------|------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | | 400mm (年) | 600mm (年) | 800mm (年) | 400mm (年) | 600mm (年) | 800mm (年) |
| そば(N0) | | 2.6 | 4.4 | 14.0 | 3.5 | 9.4 | — |
| 飼料用とうもろこし(N0) | | 3.4 | 5.8 | 18.5 | 4.7 | 12.8 | — |

深根性作物の窒素持出量(全量搬出, kg/10a)はそば3.9, 飼料用とうもろこし7.9(試験平均)で算出。

導入間隔の目安は対象畑に深根性作物を1度導入したとき超過窒素量がゼロとなる年数とし、NiPRAS⁵⁾を用い算出。

*1 キャベツ(晩春~初夏まき)・ブロッコリー(春まき・初夏まき)を交互に作付けすると仮定した圃場の例。

キャベツは窒素施肥量22.0kg/10a(北海道施肥ガイド⁵⁾・窒素肥沃度水準Ⅱ), 収量7000kg/10a, 外葉7000kg/10a(窒素含有量17.0kg/10a), ブロッコリーは窒素施肥量14.0kg/10a(同上), 収量1100kg/10aの条件でいずれも収穫部位のみ搬出。

*2 たまねぎは窒素施肥量18.0kg/10a(F₁, 窒素肥沃度水準Ⅲ), 収量5500kg/10aの条件で全量搬出。

《参考試験》

(5) 産業用アサの生育特性

- ① 目的：産業用アサの生育について基礎的知見を得る。
- ② 試験年次：2005年
- ③ 供試圃場・土壌：北見農試（表層腐植質多湿黒ボク土）
- ④ 試験処理および調査方法：播種は5月8日，栽植密度および施肥量は前出（2）試験方法と同一とし，定植（5月23日）から約2週間ごとに地上部を採取して乾物収量および窒素吸収量を調査した。
- ⑤ 結果と考察

産業用アサの生育初期は茎が細く伸長し，枝葉は少ない。草丈は6月下旬（積算温度500～600℃）で約50cmであったが，その後急激に伸長し，開花後の9月上旬には360cmに達した（図Ⅱ-2-2-5①）。一方，乾物収量と窒素吸収量は草丈に遅れて7月上旬頃から急激に増加し，9月下旬には乾物収量は2800kg/10a，窒素吸収量は29kg/10aに達した（図Ⅱ-2-2-5②③）。乾物収量は雌雄平均でも9月下旬まで増加したが，窒素吸収量については9月上旬以降停滞した。これは雄株が枯れはじめたため，反対に雌株はその後増加し続け，10月上旬の窒素吸収量は52.4kg/10aに達した（データ未掲載）。

なお，超密植では，疎植～密植に比べ茎の伸長が著しく速いが（データ未掲載），9月における草丈はこれらを下回った（表Ⅱ-2-2-6）。このことから，栽植密度によって生育の推移も異なると考えられた。

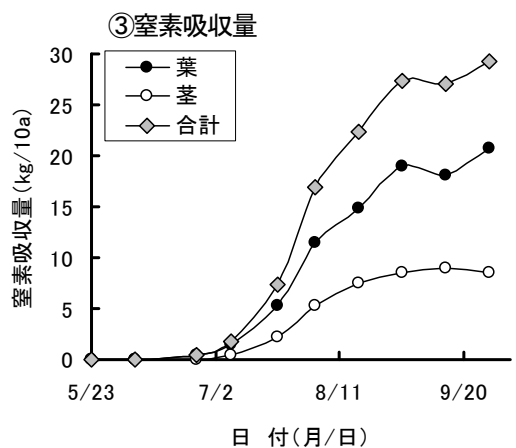
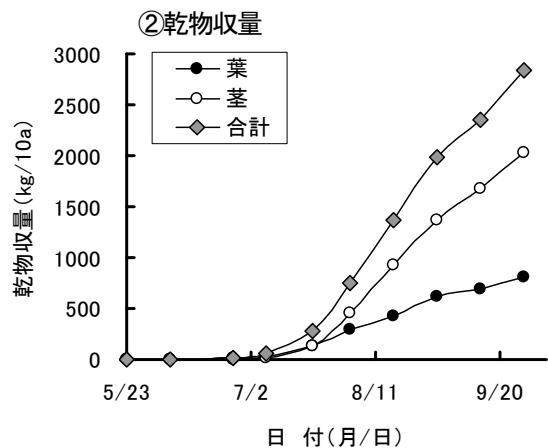
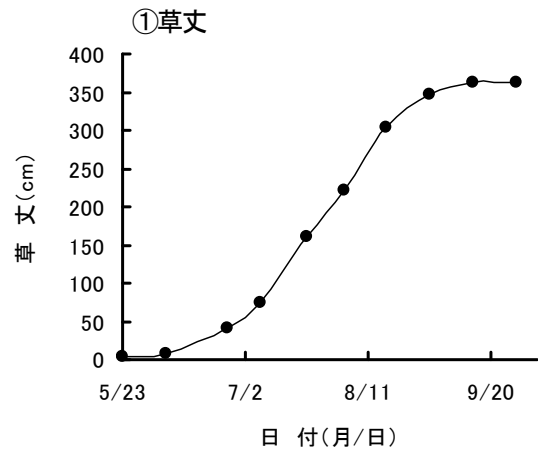
(6) 深根性作物の養分吸収

- ① 目的：そば，飼料用とうもろこし，産業用アサの養分吸収量を把握するための参考に資する。
- ② 試験年次：2005～2008年
- ③ 試験処理：栽植密度，施肥量は前出（2）試験方法と同一。
- ④ 結果と考察

収穫期におけるそばのリン酸（ P_2O_5 ）吸収量は約3kg/10aであった。カリ（ K_2O ）吸収量は10～11kg/10aで，その大部分が茎葉に存在した（表Ⅱ-2-2-7）。

飼料用とうもろこしの養分吸収量は，各成分とも乾物収量に比例し，リン酸は5～9，カリは17～25，苦土（ MgO ）は3kg/10a程度であった。

産業用アサの養分吸収量も飼料用とうもろこし同様，乾物収量の大小に依存した。リン酸は疎植～密植で3～5kg/10aであったが，超密植で8kg/10aと他に比べ多かった。カリは窒素施肥の影響が大きく，疎植～密植において窒素10kg/10aでは同0kg/10aの約2倍であった。



図Ⅱ-2-2-5 産業用アサの生育の推移

表Ⅱ-2-2-6 産業用アサの栽植密度と草丈

| 年次 | 疎植 (cm) | 標準 (cm) | 密植 (cm) | 超密植 (cm) |
|------|---------|---------|---------|----------|
| 2007 | 300.6 | 319.3 | 319.0 | 265.7 |
| 2008 | 303.8 | 316.1 | 330.7 | 267.1 |
| 平均 | 302.2 | 317.7 | 324.9 | 266.4 |

窒素施肥は10kg/10a.

調査日：2007年9月5日，2008年9月2日.

部位別に見ると、茎のカリ含有量は栽植密度による差が著しかった。

以上より、これら深根性作物は、カリについてはいずれも施肥量を上回る吸収が認められたが、苦土は施肥量と同等程度であった。リン酸については施肥量を下回り、これは調査圃場が火山性土であったことによると考えられる。

(7) 引用文献

- 1) 中央農試. 地下水の硝酸汚染を防止するための窒素管理方策—北海道農耕地の窒素環境容量 Ver.2—. 平成14年度北海道農業試験会議(成績会議)資料, p.1-35 (2003).
- 2) 中央農試・十勝農試・北見農試. 普通畑およびたまねぎ畑における地下水中硝酸性窒素の削減対策. 平成16年度北海道農業試験会議(成績会議)資料, p.1-62 (2005).
- 3) 山口正篤. “地域資源活用 食品加工総覧, 12, 畜産・

水産・昆虫 非食品資源”. アサ. 農山漁村文化協会, 2003, p.743-751.

- 4) 北見農試. 畑地における地下水の硝酸汚染防止のための投入窒素限界量. 平成14年度北海道農業試験会議(成績会議)資料, p.1-22 (2003).
- 5) 中央農試. 肥培管理情報を利用した地下水の硝酸性窒素汚染リスク評価ソフト「NiPRAS」. 平成17年度北海道農業試験会議(成績会議)資料, p.1-40 (2005).
- 6) 北海道農政部道産食品安全室編. 北海道施肥ガイド. 北海道農政部, 2002. 243p.

謝辞

産業用アサ「とちぎしろ」の種子の分譲に際し、関係の研究機関には格別のご配慮をいただいた。また、北海道北見保健所には産業用アサの栽培試験に係る手続きについて多大なご指導をいただいた。ここに深く御礼申し上げます。

(唐 星児)

表Ⅱ-2-2-7 対象深根性作物の養分吸収量(2007・2008年平均)

①そば

| 時期・施肥 | 茎葉 | | 子実 | | | 合計 | | | | | |
|---------|----------------|----------------|-------------------------------|------------------|-----|-------------------------------|------------------|-----|-------------------------------|------------------|-----|
| | 乾物 (kg/10a) | 乾物 (kg/10a) | P ₂ O ₅ | K ₂ O | MgO | P ₂ O ₅ | K ₂ O | MgO | P ₂ O ₅ | K ₂ O | MgO |
| 収穫期・N 0 | 280 | 175 | 1.7 | 8.3 | 1.3 | 1.4 | 1.2 | 0.6 | 3.1 | 9.5 | 1.9 |
| N 3 | 320 | 210 | 1.7 | 9.5 | 1.2 | 1.6 | 1.4 | 0.7 | 3.2 | 10.9 | 1.8 |

②飼料用とうもろこし

| 施肥 | 茎葉 | | 雌穂 | | | 合計 | | | | | |
|------|----------------|----------------|-------------------------------|------------------|-----|-------------------------------|------------------|-----|-------------------------------|------------------|-----|
| | 乾物 (kg/10a) | 乾物 (kg/10a) | P ₂ O ₅ | K ₂ O | MgO | P ₂ O ₅ | K ₂ O | MgO | P ₂ O ₅ | K ₂ O | MgO |
| N 0 | 574 | 631 | 2.1 | 12.6 | 1.5 | 3.6 | 4.7 | 1.0 | 5.6 | 17.3 | 2.5 |
| N 10 | 840 | 1062 | 2.4 | 15.5 | 1.8 | 6.1 | 7.6 | 1.6 | 8.4 | 23.1 | 3.4 |
| N 15 | 810 | 1041 | 2.6 | 15.9 | 1.8 | 6.8 | 9.5 | 1.7 | 9.4 | 25.4 | 3.5 |

③産業用アサ

| 栽植密度*1 ・施肥 | 枝葉 | | 茎 | | | 合計 | | | | | |
|---------------|----------------|----------------|-------------------------------|------------------|-----|-------------------------------|------------------|-----|-------------------------------|------------------|-----|
| | 乾物 (kg/10a) | 乾物 (kg/10a) | P ₂ O ₅ | K ₂ O | MgO | P ₂ O ₅ | K ₂ O | MgO | P ₂ O ₅ | K ₂ O | MgO |
| 疎植・N 0 | 287 | 265 | 1.8 | 7.5 | 1.2 | 1.1 | 4.6 | 0.3 | 2.9 | 12.1 | 1.5 |
| 疎植・N 10 | 499 | 412 | 2.4 | 15.2 | 1.6 | 1.2 | 7.9 | 0.7 | 3.6 | 23.1 | 2.3 |
| 標準・N 0 | 279 | 377 | 1.8 | 8.6 | 1.1 | 1.2 | 7.2 | 0.4 | 3.0 | 15.8 | 1.5 |
| 標準・N 10 | 433 | 582 | 2.0 | 16.1 | 1.6 | 1.4 | 14.0 | 0.6 | 3.4 | 30.1 | 2.2 |
| 密植・N 0 | 238 | 492 | 2.2 | 8.3 | 1.1 | 1.9 | 9.5 | 0.4 | 4.1 | 17.7 | 1.5 |
| 密植・N 10 | 448 | 853 | 2.5 | 16.7 | 2.0 | 2.2 | 18.8 | 0.9 | 4.7 | 35.4 | 2.9 |
| 超密植・N 10 | 462 | 1995 | 3.4 | 16.5 | 2.8 | 4.8 | 42.0 | 1.7 | 8.2 | 58.5 | 4.4 |

*1 疎植：10aあたり2083株，標準：4167株，密植：8333株，超密植：69444株