

新作物キノアの生体調整機能の調査とその利用技術の開発

山梨県総合農業技術センター

竹丘 守・石井 利幸・内田 一秀・堀内 浩明
上野 直也・長坂 克彦・加藤 知美

Investigation of Biological Conditioning Action and Development of the Utilisation Technology in New Crop Quinoa (*Chenopodium quinoa* WILLD.)

YAMANASHI PREFECTURAL AGRICULTURAL TECHNOLOGY CENTER
Mamoru TAKEOKA, Toshiyuki ISHII, Kazuhide UCHIDA, Hiroaki HORIUCHI,
Naoya UENO, Katsuhiko NAGASAKA, Tomomi KATO

要 約

南米原産のアカザ科に属する擬穀類キノアの山梨県における夏播種栽培適応性を検討した結果、春播種より生育日数は短く、草丈が低くなった。子実収量は減少したが、密植によって、その減収程度が改善される傾向がみられ、千粒重等の子実品質は向上した。県内4カ所の現地試験で播種時期の検討を行った結果、出芽率は夏播種の方が低く、連作による出芽不良が3カ所で確認された。子実収量は夏播種の方が少収傾向となった。労働時間は手作業が多い除草や収穫作業で長く、合計で1aあたり約9時間となった。また、窒素基肥量を0~24g m⁻²で検討した結果、8g m⁻²以上にしても子実収量は増加しなかった。成熟期の地上部窒素吸収量は10g m⁻²程度であった。葉部を食害するカメノコハマシに対し、イミダクロプリド20%フロアブル剤の4000倍希釈液は、高い防除効果を示した。また、薬害および汚れは観察されなかった。

1. 緒 言

キノア (*Chenopodium quinoa* WILLD.) は南米地方原産のアカザ科アカザ属一年草の擬穀類で、その子実(種子)は米や小麦などの主要穀物と比べて、必須アミノ酸組成に優れ、カルシウム、マグネシウムなどのミネラル栄養素が多く含まれている。近年では、キノアの血圧上昇抑制作用などの生体調節機能が確認されるなど機能性食品としても注目されつつある¹⁾。

キノアの品種はペルーやボリビアにおける栽培地域によって、Valley type, Altiplano type, Salar type, Sea-level typeの4つに分類される²⁾。このうち前者3 typeは標高2000~4000mの高標高地でのみ栽培されているのに対して、低標高地が起源のSea-level typeは、我が国でも栽培が可能である³⁾。現在国内で流通しているキノアはすべて輸入品であるため、Sea-level typeのキノアを本県で生産して、これを原料にすれば、市場性の高い製品になりうると考えられる。

本研究では、キノアの国内初の産地化を目指して、栽培可能な優良系統の栽培技術を確立する。そして、山梨大学との共同研究により、子実中の内容成分を明らかにし、これらを用いた利用技術を開発する。

平成17年度の試験では、優良系統としてNL-6系統(以下N6と略す)を選定し、春播種栽培における最適な播種時期や施肥量、病害虫の発生状況などの基礎的栽培技術を明らかにした。

本年度は、夏播種栽培の播種時期、栽植密度の違いがキノアの生育、収量に及ぼす影響について明らかにした。現地試験では1年2作の連作の適応性、栽培期間中の労働時間を調査した。そして、黒ボク土における窒素基肥量について検討した。また、農薬登録に向け、カメノコハマシに対するイミダクロプリド20%フロアブル剤の薬効と薬害についてのデータ収集を行ったので報告する。

2. 実験方法

2-1 播種時期と栽植密度

試験は総合農業技術センター(甲斐市下今井、標高315m、灰色低地土、pH(H₂O):6.8、前作:大豆、以下平坦地と略す)、及び同センターハヶ岳試験地(北杜市高根町、標高955m、黒ボク土、pH(H₂O):6.7、前作:葉菜類、以下高冷地と略す)で行った。供試したN6は、平成17年度に当センターで採種された子実を用

いた。播種期は平坦地 8月25日, 9月7日, 高冷地 7月31日, 8月23日, 栽植密度は畝間60cm, 株間5.6cmの30個体 m^{-2} , 及び畝間60cm, 株間1.8cmの90個体 m^{-2} のそれぞれ2水準を設けた。栽植密度は発芽後間引きを行って調整した。対照は平坦地 4月7日, 高冷地 4月19日に播種した春播種区とした。試験規模は1区10.8 m^2 (高冷地の8月23日播種のみ7.2 m^2) の2反復とした。施肥は $N-P_2O_5-K_2O$ として, 平坦地16-16-16 $g m^{-2}$, 高冷地は8-8-8 $g m^{-2}$ を化成8号で与えた。そのほかに苦土石灰を平坦地50 $g m^{-2}$, 高冷地100 $g m^{-2}$ を全層施用した。栽培期間中の薬剤散布は, 高冷地の夏播種区で10月27日にシペルメトリン乳剤 (有効成分含有率6%) 1000倍希釈液, 春播種区の6月30日, 7月4日にMEP50%乳剤1000倍希釈液及び7月6日にアセフェート粒剤3 $g m^{-2}$ を処理した。調査項目は各生育期, 草丈, 倒伏程度, 子実収量及び品質, 千粒重とした。収量調査は天日乾燥, 脱穀 (藤原製作所製TSL型), 風選 (木屋製作所製), 搗精 (山本製作所製 VP31T, 搗精白度2, 流量2~3) 後の子実を用いて行った。

2-2 現地実証

試験圃場は南巨摩郡身延町 (標高250m, 灰色低地土, 前作: 葉菜類, 以下身延), 北杜市明野町 (標高700m, 黒ボク土, 前作: 大根, 以下明野), 北杜市須玉町 (標高800m, 黒ボク土, 休耕地, 以下須玉), 北杜市長坂町 (標高910m, 黒ボク土, 前作: 葉菜類, 以下長坂) の4カ所で行った。試験は連作区と夏単作区を設け, 播種日は表1に示した。試験規模は1区あたり, 身延22.5 m^2 , 明野18 m^2 , 須玉24 m^2 , 長坂31.2 m^2 の各区2反復とした。施肥は身延, 明野, 須玉が $N-P_2O_5-K_2O$ として, 16-16-16 $g m^{-2}$ を化成8号で, 長坂が14.4-37.8-15 $g m^{-2}$ を牛ふんもみから堆肥で施用した。長坂では地力からの窒素供給が推察されたため, 夏播種栽培は無施肥で行った。栽培期間中の薬剤防除は, 身延で5月31日, 明野で6月10日, 須玉で6月21日にイミダクロプリド20%フロアブル剤4000倍希釈液, 須玉で9月5日にダイアジノン粒剤4 $g m^{-2}$ 相当量を処理した。調査項目は2-1の項目に加えて, 栽培前土壌化学性, 出芽率, 労働時間とした。

表1 各試験圃場でのキノア播種日

試験圃場	試験区	春播種日 (月・日)	夏播種日 (月・日)
身延	連作	4.03	8.29
	夏単作		8.29
明野	連作	4.14	8.23
	夏単作		8.23
須玉	連作	5.11	9.05
	夏単作		9.05
長坂	連作	4.19	8.16
	夏単作		8.16

2-3 窒素基肥量

試験は高冷地で行い, 窒素基肥量を化成8号で0, 8, 16, 24 $g m^{-2}$ 施用区を設けた。窒素0 $g m^{-2}$ 区には P_2O_5 , K_2O として, それぞれ16 $g m^{-2}$ を過リン酸石灰, 塩化カリで施用した。全試験区に苦土石灰100 $g m^{-2}$ を全層施用した。試験規模は1区12.6 m^2 の2反復で行った。5月22日に播種し, 発芽後間引きを行い, 栽植密度を30個体 m^{-2} に調整した。薬剤散布は6月30日, 7月4日にMEP50%乳剤1000倍希釈液, 7月6日にアセフェート粒剤3 $g m^{-2}$, 7月10日にシペルメトリン乳剤 (有効成分含有率6%) 1000倍希釈液, 8月10日にシペルメトリン乳剤 (有効成分含有率20%) 1000倍希釈液を処理した。調査項目は各生育期, 草丈, 倒伏程度, 子実収量, 千粒重, 子実中タンパク含量, 肥料成分吸収量, 栽培前後の土壌化学性とした。

2-4 カメノコハムシに対するイミダクロプリド20%フロアブル剤の防除効果

キノア葉部を著しく食害するカメノコハムシを対象として, 農薬登録の申請に必要なデータの収集を目的に, イミダクロプリド20%フロアブル剤4000倍希釈液の防除効果と薬害, 汚れの有無, また薬剤濃度を2倍の2000倍希釈液とした倍量散布における薬害を調査した。試験は明野と須玉の2圃場で行った。播種日や試験規模, 薬剤の散布実施日などは2-2の春播種区と同様に行った。なお, 試験時におけるカメノコハムシの主な発育ステージは幼虫であった。薬剤の散布には電動式動力噴霧器 (松下電器産業株式会社製BH-590) を用い, 散布量は300 $mL m^{-2}$ とした。展着剤にはポリアルキレングリコールアルキルエーテル27%剤を散布液10Lあたり1 mL を添加した。試験区は防除薬剤を散布した処理区と展着剤のみを散布した無処理区の3反復, 倍量散布の薬害試験では反復なしとした。散布前日, 散布2日後および散布6日後もしくは8日後に, 1株あたり3葉, 各区180葉を対象として, カメノコハムシの寄生幼虫数を計数し, 薬害と汚れの発生を調査した。

3. 結果

3-1 播種時期と栽植密度

平坦地の生育期間は86日, 高冷地は81~83日で, 対照の春播種区より短くなった。これは播種から開花期まで, 春播種は50日以上要したのに対して, 夏播種は35日程度であったことが影響した。播種時期が遅くなるほど草丈が低くなった。子実収量は高冷地より平坦地の方が高くなった。平坦地では対照の春播種区より子実収量が30%程度低くなった (表2, 3)。

同一播種時期では90個体 m^{-2} の方が30個体 m^{-2} より子実収量が高くなった。播種時期が遅くなるほど千粒重は

高くなる傾向がみられた。夏播種区は汚粒がほとんどなく、子実品質は高かった (表 2, 3)。

表 2 平坦地における播種時期と栽植密度の違いとキノアの生育, 収量

播種日 (月・日)	栽植 密度 (個体m ⁻²)	出蕾期 (月・日)	開花期 (月・日)	成熟期 (月・日)	生育 日数 (日)	草丈 (cm)	倒伏 程度	子実 ^a 収量 (g m ⁻²)	子実 ^b 千粒重 (g)	汚粒 程度
8.25	30	9.19	9.29	11.19	86	82.3	1	265	3.54	0
	90	9.19	9.29	11.19	86	80.5	0	305	3.59	0
9.07	30	9.28	10.12	12.02	86	50.4	1	236	3.43	0
	90	9.28	10.12	12.02	86	55.4	0	291	3.60	0
4.07(対照)	30	5.08	5.27	7.14	98	105.5	0	386	2.92	1
	90	5.08	5.27	7.14	98	90.6	0	389	2.87	0.5

z : 区内の40~50%の個体に出蕾, 開花が確認された日 (観察)
 y : 子実の80~90%が指で押しもつぶれないようになった日 (観察)
 x : 0 (無) ~ 5 (甚) の6段階評価 (観察)
 w : 水分15%換算
 v : 黒変粒の割合 0 (0~5%), 1 (6~10%), 2 (11~20%), 3 (21~40%), 4 (41~60%), 5 (61%以上) (観察)

表 3 高冷地における播種時期と栽植密度の違いとキノアの生育, 収量

播種日 (月・日)	栽植 密度 (個体m ⁻²)	出蕾期 (月・日)	開花期 (月・日)	成熟期 (月・日)	生育 日数 (日)	草丈 (cm)	倒伏 程度	子実 ^a 収量 (g m ⁻²)	子実 ^b 千粒重 (g)	汚粒 程度
7.31	30	-	9.05	10.20	81	59.6	0	149	2.95	1
	90	-	9.05	10.20	81	51.7	0	165	2.97	1
8.23	30	9.14	9.27	11.14	83	52.0	0.5	168	3.08	0
	90	9.14	9.27	11.14	83	55.6	0	181	3.21	0
4.19(対照)	30	5.31	6.17	8.07	110	125.1	2.5	175	2.51	3
	90	5.31	6.17	8.07	110	119.1	3	159	2.40	3.5

z, y, x, w, v : 表1 参照。
 - : 未調査

3-2 現地実証

栽培前の土壌化学性を表 4 に示した。pH (H₂O) は 6.0~7.3であった。長坂では、硝酸態窒素及び可給態窒素が高く、窒素の残存及び蓄積が確認された。身延と長坂ではトルオーグリン酸が600mg kg⁻¹以上残存していた。

4カ所とも夏播種の出芽率は春播種に対して低い傾向となった。そして、身延以外の連作区は夏単作区より出芽率が低くなった。春播種の生育日数は84~102日であったのに対し、夏播種は82~86日であった (表 5)。

夏播種の子実収量は80~190g m⁻²で、身延以外は春播種と同等以上となった (表 5)。観察による害虫の発生は夏播種の方が明らかに少なかった。

播種から収穫、脱穀調整までの労働時間は、手作業が多い除草や収穫作業が高い割合を占め、合計で1aあたり約9時間となった (図 1)。

表 4 試験圃場の栽培前土壌化学性

	pH	NH ₄ -N (mg kg ⁻¹)	NO ₃ -N (mg kg ⁻¹)	CaO (mg kg ⁻¹)	MgO (mg kg ⁻¹)	K ₂ O (mg kg ⁻¹)	Truog P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	可給態 窒素 (mg kg ⁻¹)
身延	7.3	4.9	1.0	4217	801	504	652	46
明野	6.1	2.2	4.3	2017	201	344	59	20
須玉	6.0	2.5	11.9	1944	321	389	75	45
長坂	7.0	4.1	62.1	6431	1635	1399	603	148

表 5 各試験圃場におけるキノアの生育, 収量

試験場所	試験区	出芽率	開花期	成熟期	生育	草丈	子実 ^a	子実 ^b	
		(%)	(月・日)	(月・日)	(日)	(cm)	(g m ⁻²)	(g)	
身延	連作	春播き	79.6	5.28	7.09	97	91.7	293.6	2.87
		夏播き	45.8	10.01	11.19	82	62.7	187.6	2.81
	夏単作	50.4	10.01	11.19	82	61.6	186.9	2.97	
明野	連作	春播き	64.3	6.11	7.25	102	68.9	69.3	2.34
		夏播き	46.1	9.28	11.17	86	41.2	123.3	3.28
	夏単作	67.4	9.28	11.17	86	49.9	169.2	3.21	
須玉	連作	春播き	59.7	6.23	8.03	84	64.1	87.8	2.22
		夏播き	40.8	10.13	(11.28)	(84)	(40.6)	(67)	(2.66)
	夏単作	50.8	10.13	(11.28)	(84)	(42.0)	(77)	(2.74)	
長坂	連作	春播き	47.9	6.16	7.21	94	120.6	124.8	2.67
		夏播き	16.8	9.20	11.7	83	44.5	76.0	3.51
	夏単作	45.6	9.20	11.7	83	67.4	114.5	3.57	

z, y : 表1 参照
 x : 水分15%換算
 須玉の夏播種区 (連作・夏単作区) は成熟期まで至らなかったため収穫時のデータを示した。

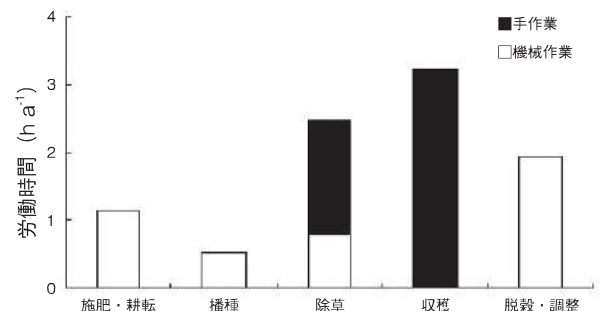


図 1 キノア栽培における労働時間

データは今年度の試験圃場 (50~350m) の平均作業時間を表す。機械は耕耘に小型耕耘機 (幅約0.6m), 播種に1条手押し播種機 (ごんべえ), 除草に小型耕耘機, 脱穀に坪刈り用小型脱穀機, 調整に唐箕 (風力選別機) を使用した。

3-3 窒素基肥量

窒素基肥量の違いによるキノアの生育ステージへの影響は認められなかったが、草丈、倒伏程度は窒素基肥量の増加に伴って大きくなった。窒素無施肥区以外の収量は同等であった。千粒重は窒素基肥量に関係なく同等となった (表 6)。

窒素無施肥区の窒素吸収量は6.4g m⁻²となり、施肥量の増加に伴って高くなった。その増加程度は窒素施肥量の増加より緩慢で、見かけの窒素利用率は8g m⁻²区が31%で最も高くなった。リン酸吸収量は施肥量に関係

なく2.5g m⁻²程度で、カリ吸収は施肥量の増加に伴って高くなった (表7)。

栽培前後の土壌化学性を表8に示した。栽培前のpH(H₂O)が6.7で、可給態窒素が68.7mg kg⁻¹であった。そして跡地土壌ではリン酸は19~42mg kg⁻¹の残存が認められたが、カリは栽培前と同等の値となった。

表6 窒素基肥量の違いとキノアの生育、収量

窒素基肥量 (g m ⁻²)	出蕾期 ^z (月・日)	開花期 ^z (月・日)	成熟期 ^z (月・日)	草丈 (cm)	倒伏 ^x 程度	子実収量 ^w (g m ⁻²)	千粒重 ^w (g)
0	6.19	7.07	8.18	99	0	149 ^z	2.95 ^z
8	6.19	7.07	8.18	106	0	216 ^b	2.84 ^a
16	6.19	7.07	8.18	114	0.5	215 ^b	2.95 ^a
24	6.19	7.07	8.18	125	1	218 ^b	2.94 ^a

z : 全体の40~50%の株で、出蕾、開花が確認された日 (観察)
 y : 子実の80~90%が指で押してもつぶれないようになった日 (観察)
 x : 0 (無) ~ 5 (甚) の6段階評価 (観察)
 w : 水分15%換算値
 子実収量、千粒重において右上の同一英小文字はTukeyの多重比較で有意差 (5%有意水準) が認められないことを示す。

表7 キノアの肥料成分吸収量と見かけの窒素利用率

窒素基肥量 (g m ⁻²)	窒素		リン酸	カリ
	吸収量 ^z (g m ⁻²)	見かけの利用率 ^y (%)	吸収量 ^z (g m ⁻²)	吸収量 ^z (g m ⁻²)
0	6.42	—	2.06	19.6
8	8.91	31.1	2.45	21.3
16	9.84	21.3	2.44	24.3
24	11.05	19.3	2.73	25.4

z : 茎葉部吸収量+子実吸収量
 y : (各試験区の窒素吸収量-無窒素区の吸収量) / 窒素施肥量 × 100
 — : 未検定

表8 栽培前後の土壌化学性

採取時期	試験区	pH	NH ₄ -N	NO ₃ -N	可給態-N	K ₂ O	Truog P ₂ O ₅
	(g m ⁻²)	(H ₂ O)	(mg kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)
栽培前地		6.7	1.26	11.1	68.7	1041	157
栽培跡地	0	6.8	7.15	12.3	—	1032	183
	8	6.5	8.00	24.1	—	987	176
	16	6.6	8.98	23.3	—	1056	198
	24	6.5	9.54	18.0	—	989	194

— : 未検定

3-4 カメノコハムシに対するイミダクロプリド20%フロアブル剤の防除効果

イミダクロプリド20%フロアブル剤4000倍希釈液はカメノコハムシの幼虫に対して高い防除効果を示した。最終的な補正密度指数は明野で3.4、須玉で1.2と低く、

新農薬実用化試験における判定基準⁴⁾と照らし合わせると「効果は高い」となった (表9)。なお、倍量散布区を含めた全ての処理区において薬害、汚れは認められなかった。

表9 キノアのカメノコハムシに対するイミダクロプリド20%フロアブル剤 (4000倍) の効果

試験圃場・調査項目・区	調査日			
	前日	2日後	6日後	
明野				
幼虫数 (頭/180葉) ^z	処理区	358.3	30.7	14.0
	無処理区	283.3	330.7	328.7
補正密度指数 ^y	処理区	—	7.3	3.4
	無処理区	—	100.0	100.0
須玉				
幼虫数 (頭/180葉)	処理区	225.0	35.7	2.7
	無処理区	205.7	163.0	202.3
補正密度指数	処理区	—	20.0	1.2
	無処理区	—	100.0	100.0

z : 3反復の平均値
 y : 処理区の調査時密度/処理区の散布前密度 × 無処理区の散布前密度/無処理区の調査時密度 × 100

4. 考 察

センター内圃場における播種時期の検討では、7月に降る播種した夏播種は春播種より少収となる傾向が見られた。氏家ら³⁾はSea-Levelタイプに属するN6の、子実肥大は日長に影響されないが、高温条件下で多収となるとしており本試験の結果と合致した。本試験においてその減収程度は栽植密度を高めることでやや改善された。そして播種時期が遅くなると千粒重が大きくなった。これは開花期以降の気温などの気象要因による影響が考えられるが、本試験では明らかでなかった。また、夏播種はカメノコハムシ等による虫害を回避でき、黒変粒混入程度が低くなって子実品質が向上したことから、夏播種栽培の方が安定的に良質な子実生産が可能と考えられる。今後は、夏播種の減収要因を把握し、播種時期や更なる密植がキノアの生育、収量及び子実品質に及ぼす影響を明らかにすることで、本県における最適播種時期が明らかになると考えられる。

現地実証では、夏播種は春播種より出芽率が低下した。筆者らによる室内シャーレ試験では、温度が40℃以上になると発芽が抑制されることを明らかにしている⁵⁾。今年度の夏播種時は播種後の日最高気温が35℃を超えた日が多かったことから、一時的に地温が40℃以上になっていると考えられ、これらが出芽不良に関与したと推察される。また、連作すると、出芽率が低下したことからキノア栽培の連作は不適であると考えられた。4カ所のうち3カ所で、夏播種栽培が春播種栽培と同等以上の収量となったが、今年度の春播種栽培では降雨等

による倒伏で昨年度より少収となっており、通常は夏播種の方が少収となる可能性が考えられる。また、労働時間が水稻栽培などと比較して著しく長いので、産地化には、機械化等による効率化を図ることが重要である。

施肥試験では、窒素基肥量を 8 g m^{-2} 以上にしても子実収量は増加せず、窒素利用率が低下した。昨年度の試験では 16 g m^{-2} まで増収傾向であった。これは試験圃場の可給態窒素含量が昨年度より高かったこと（昨年度： 57 mg kg^{-1} 、今年度： 79 mg kg^{-1} ）や、播種時期が昨年より遅かったことが要因と考えられるが、詳細については明らかにできなかった。成熟期の地上部窒素吸収量は 10 g m^{-2} 程度であったことから、黒ボク土壌における窒素施肥量は 8 g m^{-2} 程度として、圃場条件で、その量を増減する必要があると考えられた。今後は現地試験にて最適施肥量の更なる検討が必要であろう。

独立行政法人農薬検査所のホームページで公開されている農薬登録情報検索システム (<http://www.acis.go.jp/searchF/vtllm001.html>) によると、2007年3月7日現在、キノアにおいて殺虫剤、殺菌剤の登録は無い。そのため、一般の生産者はキノア栽培中に発生した病害虫に対して薬剤防除を行うことができず、耕種的および物理的な手法を主体に病害虫の発生、加害を抑制するしかない。しかし、著しい被害の発生が予想される場合を想定すると登録薬剤は必須である。本試験で、葉部を著しく食害するカメノコハマシに対し、イミダクロプリド20%フロアブル剤の高い防除効果が認められた。本剤は多数の農作物において農薬登録されている。現在、登録内容をキノアに拡大するために、農作物への残留性に関する試験を実施し、データを収集中である。

性. 日作紀, 76 (別1), 140-141 (2007)

参考文献

- 1) 小川博, 目黒忠道, 渡辺克美, 光永俊郎: キノア投与が食餌性高脂血症誘導高血圧自然発生ラット (SHR) の血圧, 脂質代謝に及ぼす影響. 日本栄養食糧学会誌, 54 (4), 221-227, (2001)
- 2) Fleming, J. E. and Galway, N. W.: Quinoa (*Chenopodium quinoa*), In "Cereals and pseudocereals", Williams, J.T.ed., Chapman & Hall, 3-83, (1995)
- 3) 氏家和広, 笹川亮, 山下あやか, 磯部勝孝, 石井龍一: 我が国におけるキノア (*Chenopodium quinoa* WILLD.) 栽培に関する作物学的研究. 第1報子実収量からみた関東地方南部における播種適期の検討. 日作紀, 76 (1), 59-64 (2007)
- 3) 社団法人日本植物防疫協会: 新農薬実用化試験実施の手引き—薬効薬害圃場試験編一 (2001)
- 5) 石井利幸, 上野直也, 竹丘守, 磯部勝孝, 勝田真澄: 山梨県におけるキノアの優良系統とその発芽特