

6. 不耕起栽培について

チリ住民参加型農村環境保全計画（CADEPA）における不耕起栽培

1. 不耕起栽培の位置付け

（1）プロジェクトが想定する基幹技術

本プロジェクトは、貧困農民の多いチリ国内陸乾燥地帯において、住民参加型手法（即ち、貧しい農民が関心を持ち、彼らが実施できる技術で）による、農村環境保全（即ちエロージョンの防止と灌漑水の開発・有効利用）技術を現地で総合的に実証しようとするものである。実証しようとしている主な技術は以下のとおりである。

1) 不耕起栽培技術

土壌浸食の原因の一つとされる従来の伝統耕法（ハルマッチョ；数度のプラウ耕と裸地状態での放置）に対し、エロージョン防止に有効とされる不耕起栽培体系を小麦、燕麦、エンドウやレンズマメ、豆科牧草（ウアルプートラ）などに導入する。

2) 豆科作物の輪作体系への導入

従来の小麦＋3・4年の放置による自然草地（家畜の放牧、中にエンドウやレンズマメが入ることもある）の体系に対し、小麦＋2・3年の豆科牧草（ウアルプートラ）、また、小麦＋エンドウのローテーションを導入し、豆科根粒菌の窒素固定による意識的な土壌の肥沃化を狙っている。これらの栽培は、すべて不耕起播種栽培法により行う。

3) 果樹等の灌漑栽培導入による高品質栽培

従来は無灌漑栽培で、品種も古く、品質の低い果樹が栽培されてきたが、井戸や溜池による水資源の確保・有効利用により、ブドウ等果樹の高品質化、新規灌漑作物の導入（ハウス野菜も含む）を図る。この灌漑は灌漑水の利用率の良い点滴灌漑で行われる。

4) 急傾斜地における植林の推進

従来は急傾斜地においてもハルマッチョが行われ、エロージョン発生の原因となっており、また、ほぼ全山が裸地化や低密度草地化して水資源の涵養能力が低い状況にある。このためエロージョンの防止と水資源涵養を図る観点から傾斜度 25%以上等の急傾斜地及び傾斜地上部の森林化あるいは裸地の草地化を推進する。樹種としては大規模植林樹種の松、ユーカリだけでなく地元産の有用樹種、落葉樹の導入を検討する。また、林床下を積極的に利用する林畜複合システムを進める。

以上のような技術を総合的に導入して、チリ国内陸乾燥地の土壌や水保全などの農村環境保全に貢献するモデルとする。これら技術の導入にあたってはチリ国政府の土壌劣化対策プログラム等補助金制度を最大限に活用して、貧しい多くの農民が参加できるようにする。

（2）不耕起栽培の CADEPA への導入経緯

以上の技術で中心となっているのが小麦、豆科作物等の不耕起栽培技術であり、プロジェクトへの導入にあたっては次の点が考慮された。

1) ブラジルやパラグアイの大豆やコーンの不耕起栽培で大々的に実施され、エロージョン防止効果も高いことが知られている。

2) INIA においても過去、主に平地の中・大規模農家を対象にした小麦の不耕起栽培技術の研究開発が実施され、高収量を得るなどの成果をあげている。

3) 特に、1993年～1994年、カウケネス試験場において（土壌の種類は花崗岩風化土）

FAO の援助で実施した試験では、伝統耕起法に比べ土壌流亡量が少ないというデータが得られている。

- 4) 近隣に 40 年余不耕起栽培を継続している中規模農家がいる、成功している。この圃場では周囲の圃場に比べ、エロージョンの発生が少ないことが観察されている。

しかし、CADEPA への不耕起栽培技術の導入には次のような地形条件や技術的課題があり、技術確立すべきいくつかの課題も指摘されていた。

- ① 低い丘陵地の凸凹地形で、傾斜度が様々である。
- ② 土壌の性質も様々であり、一般的に、土壌は有機物集積層の A 層を欠き、重粘質で水の浸透能、保水量が低い。従って、過乾、過湿の変動が激しく、乾燥すると極めて硬く固化する。
- ③ 農家の経営規模が小さく、不耕起播種機の導入経費や肥料、農薬の購入が困難な場合がある。
- ④ 圃場の形状も、区画が小さく、不整形の場合が多い。所在地が分散している。
- ⑤ 農家は従来から伝統的な品種を少施肥で栽培し、主要な現金収入源となる細くて長い加工用麦藁生産を大事にしてきた。この品種の不耕起栽培への適応性。
- ⑥ 従来、エンドウ等豆類の不耕起栽培は余り経験してこなかったが、CADEPA ではローテーションの一つとして不耕起栽培のエンドウ、レンズ豆を導入。

2. 不耕起栽培技術と取り組み実績

(1) 不耕起栽培の技術概要

1) 導入播種機

- ①大型播種機：播種幅 2 m10 条、作溝方式 円盤デスクッター、牽引トラクタ 100 馬力程度（平地では 60 馬力程度）、能率 4ha/日
- ②小型播種機：播種幅 1.4m7 条、作溝方式 小型チゼル、牽引トラクタ 30 馬力程度、能率 1ha/日
- ③畜力播種機：播種幅 1.4m7 条（実際は 5 条で使用）、役牛 2 頭で牽引、能率 1ha/日

2) 栽培技術の概要

①小麦

・品種；DOMO INIA または TAMOI INIA。播種時期は 5 月中、ただし、農家の在来品種を用いるときは農家の意向による。（在来品種の播種面積は 15%以内）

・播種量；180kg/ha

・施肥；施肥は土壌分析結果による。土壌分析は原則として INDAP の PRSD の補助金で行う。窒素（N）：120～150kg/ha（1/3 は播種時、2/3 は穂孕期に施用）、リン酸（P₂O₅）：50～60kg/ha（播種時施用）、カリウム（K₂O）40～50kg/ha（穂孕期）、イオウ（S）20kg/ha（穂孕期）、土壌の PH が 5.8 より低い場合はタンカルで補正。

・種子処理；RAXIL150g/種子 100kg

・サブソイラー；重粘な土壌や土壌水の集積する土壌で実施する。最初の降雨のある 3 月中旬までに実施する。

・播種前土壌処理；ラウンドアップ 2.5～5l/ha

- ・雑草管理；7月に除草剤散布（Ally8g/ha、Logran5g/ha、Topik0.3l/ha、Citroliv0.5l/ha）

②エンドウ

- ・サブソイラー；エンドウを播種する全ての圃場は3月15日までに、サブソイラー処理をする。
- ・播種前土壌処理；ラウンドアップ 2.5～5l/ha
- ・品種；PERFECT FREEZEER 400（輸入品）、播種量；120kg/ha
- ・施肥；土壌分析の結果による。窒素：根粒菌の接種（200g入り2袋）または肥料、リン酸：60～80kg/ha（播種時）、カリウム及びイオウ：土壌分析結果による
- ・雑草管理；播種時および必要時にシマジン 50WP 2l/ha、
- ・播種時期；4月15日～5月25日、

③レンズマメ

- ・播種前土壌処理；ラウンドアップ 2.5～5l/ha
- ・雑草管理；播種時および必要時にシマジン 50WP 2l/ha（バスグランは使用不可）
- ・品種；Superaraucana INIA
- ・施肥；土壌分析結果による。窒素肥料か根粒菌接種、スーパートリプルリン酸 125kg/ha を施用するとよい。
- ・播種量；80kg/ha、播種間隔（畝間）；40cm、
- ・土壌；土壌水の集積する土壌や重粘な土壌を避ける。

④ウアルプートラ

- ・小麦とのローテーションで栽培する。同じ年度に播種でき、ウアルプートラ2部：小麦1部の割合で播く。
- ・播種量；22kg/ha、
- ・施肥；土壌分析の結果による。窒素：根粒菌の接種、リン酸：100kg/ha、カリウムとイオウは土壌分析結果による。

(2) 不耕起栽培の播種実績

1) CADEPA における不耕起播種実績（実証圃除く）

作物名	2001年度		2002年度	
	小麦	11戸	10.35ha	31戸
エンドウ	6	3.9	7	5.6
レンズマメ	2	1.2	5	3.86
エン麦	2	1.4	3	3.38
ウアルプートラ	0	0	0	0
合計(実農家数)	21(16)	16.85	46(33)	51.75

サンホセの農家レベルでは2001年度は延べ21戸(実戸数16戸)で播種面積が約17haであったが、2002年度には延べ46戸(実戸数33戸)、約52haと大幅に増加している。

2) 不耕起栽培作物の生育・収量 (2001 年度) 調査結果

①小麦

農家圃場では 0.4~1.5ha (平均 1.0ha) に播種され、単位当たり収量は平均 3.25t/ha (1.9~4.8t/ha) であった。

表 不耕起栽培小麦の収穫調査(2001)

農家名	品種	面積 ha	草丈 cms.	穂数 X mt.	1穂粒数 X espiga	100粒重	収量 (QQ/ha)
Olegario Silva	Tamoi certif.	0.44	109.4	54	59.6	86.33	34.2
Amadeo Silva	Tamoi ° año	2 0.7	94.8	41.7	40.1	86.63	34
Polidoro Agurto (A)	Tamoi ° año	2 1.5	94.6	69	40.9	85.67	41.9
Olegario Silva	Tamoi ° año	2 0.75	95	55.3	47.4	86.05	26
Eulalia Arriagada	Tamoi ° año	2 1.26	99.6	55.3	36	86.78	47.6
Miguel montecinos	Domo certif.	1.6	77.8	70	42.8	83.42	41.3
Gloria Parra	Domo certif.	0.7	71.7	44.3	34.6	83.35	25.4
Ulices Montecinos	Domo certif.	0.9	71.6	52.7	31.6	84.08	22.7
Jorge Zapata	Domo certif.	0.8	84.4	53.7	33.6	83.5	37.9
Ulises Zapata	Domo certif.	0.66	67	40.3	32	84.83	23.4
Sergio Gutierrez	Domo certif.	0.68	71.1	57.3	37	83.57	27
Nelson Torres	Domo certif.	1.11	81.3	63.7	40.8	82.25	33.1
PECA	Domo certif.	1.5	84.3	51.7	43.7	82.6	41.6
Polidoro Agurto (B)	Domo ° año	2 1	79.3	55.7	34.4	85.95	18.7
合計・平均		13.69/0.98					32.5

* 1QQ=100kg

②エンドウ

表 不耕起栽培エンドウの収量(2001)

農家名	収穫期	草丈(cm)	株数/m ²	収量 (kg/ha)
PECA	11/10/01	50,8	20	3.283
Elías Torres	11/10/01	24,3	24	3.418
Juana Roa	24 /10 / 2001	35,8	39	2.336
Bernardo Parra	24 /10 / 2001	80,6	30	9.602
Raúl silva				*
Olegario Silva				*
Polidoro Agurto				*
平均		47.9	28	4,660

* : 湿害により発芽せず

エンドウの単位当たり収量は 2.3～9.6t/ha（平均 4.7t/ha）であったが、湿害で発芽しない農家が 3 戸あった。

③レンズ豆

2 戸の農家で不耕起栽培され、単位当たり収量はそれぞれ 667kg/ha と 200kg/ha であった。

(3) 不耕起栽培のコスト分析(小麦)

2001 年度に小麦の不耕起栽培を行なった農家（最高収量 4.77t/ha を得たエウラリア・アリアガダ）のコスト分析結果は以下の通りであった。

項目	量	単価(ペソ)	合計金額(ペソ)	構成比(%)
播種作業			54,255	24.51
種子代	190	100	19,000	
磷酸肥料	40	129	5,160	
アンモニア肥料	95	151	14,345	
種子消毒剤	0.12	6,100	750	
不耕起播種機使用料	4.00	3,750	15,000	
雑草管理費			37,834	17.09
Ally	8.00	190	1,520	
Logran	5.00	983	4,915	
Topik	0.30	99,525	29,858	
Citroliv	0.50	1,584	792	
農薬散布費用	0.66	1,135	749	
追肥（第 1 回目）費			30,000	13.55
尿素	200	130	26,000	
肥料散布労賃	1.00	4,000	4,000	
収穫作業費			81,100	36.64
収穫労賃	10.50	4,000	42,000	
役牛使用料	2.50	5,000	12,500	
脱穀機使用料	1.00	26,600	26,600	
運送料			10,080	4.55
運送料	90	112	10,080	
臨時支出			10,663	4.82
資本利子（7.8%）			5,545	2.50
合計コスト			221,373	100.00

出典：C/P 会議提出資料

これによると、自家労賃を含めた合計のコストが約 221,000 ペソであり、このうち収穫作業費がコストの約 37% を占め最も多い。収穫作業を自家労力で行なう場合は、収穫労賃と役牛使用料は所得の一部と考えることもできるので、支出ベースでのコストとしてはさらに低くなる。

コストの中で基肥、追肥の肥料代、それに一部除草代費も高い割合を占めているので、肥料、薬剤の利用効率を高めることがコスト低減にとっては重要な技術的対策になる。

小麦は通常 100kg (1 QQ) 当りおよそ 10,000 ペソで販売できるので、上記のコスト分析によれば、ha 当り 2.3t の収量があれば、投入経費を十分に賄えることになる。

一方、土壤保全や改良等に取り組む場合、農家はINDAPからの補助金を受けることができる。土壤リン酸の不足に対する補助としては土壤中のリン酸含有量を 15ppm まで高める肥料代が補助されることになっており、土壤分析結果にもよるがサンホセ地区の土壤では通常 ha 当たり 40,000 ペソの補助金が受けられる。また、土壤改良と土壤保全のためのそれ以外のコスト合計額の 1 年目は 40% まで、2 年目は 60% まで補助金が支払われる。更に、不耕起栽培播種を行なう場合には 28,300 ペソ/ha が補助金として支払われることになっている。従って、農家側の収支面から見ても、肥料等の資材をほとんど投入しない伝統的なバルベッチョ耕法と比べれば一時的な出費にはなるものの、ha 当たり 2.5~3.0t 以上の収穫量を確保できれば、自給用小麦を確保した上で販売にも向けることが可能になり、多くはないが収入の増加につながると考えられる。

3. 不耕起栽培技術の成果と問題点

CADEPA での不耕起栽培は導入 2 年目になっているが、これまでに明らかになった成果と問題点は以下のとおりである。

(1) 不耕起栽培に関する成果

1) 導入農家の増加

第 1 年目(2001 年度)の不耕起栽培は、導入最初の年で準備不足や作業のもたつきがあったため、特に播種時から生育当初にかけての問題点も多く、第 2 年目は不耕起栽培の希望農家がぐっと減少するのではないかと懸念もあった。しかし、第 2 年目は CADEPA 側の熱心な取り組みの結果希望農家は大幅に増加し、播種希望面積も当初は 90ha 余となった。不耕起栽培播種機の対応能力等の制約から結果として延べ 46 戸、52ha となったが、1 年目と比べると農家戸数で 2 倍、播種面積では 3 倍以上の実績となった。

その要因として C/P 会議では次のような点があげられた。

- ① CADEPA の C/P が熱心にすすめ、農家がそれを受け入れた。
- ② 春の耕起作業がいらぬなど農作業が軽減される。
- ③ 2001 年度の小麦の収量が比較的高く、農家の関心が高まった。
- ④ 補助金が受けられる。
- ⑤ 播種作業や栽培管理に INIA の支援がある。

2) 土壤流亡量の減少効果(プロット試験)

実証圏内傾斜地に設置した試験プロットでの土壤流亡量比較試験(試験規模:3 連)のこれまでの結果は次表のとおりである。2001 年度、傾斜 10% のプロットにおける伝統耕起法(バルベッチョ)、不耕起栽培、自然草地(対照区)の土壤流亡量の比較では、バルベッチョ区に比べ不耕起栽培区の平均土壤流亡量が 27% 少なかった。

2001 年度 傾斜 10%、自然草地以外はエンドウ 期間 2001 年 7 月 11 日 ~ 8 月 29 日
土壤流亡量 乾土 kg/ha

処理	I	II	III	平均
自然草地	2284	2497	1415	2065
不耕起栽培	4096	4653	3145	3964
バルベッチョ	3171	6125	7002	5432

表面流去水量 tons/ha

処理	I	II	III	平均
自然草地	534	1738	1539	1271
不耕起栽培	2012	2758	1162	1977
バルベッチョ	301	1856	2383	1513

2002年度 傾斜10%、 自然草地以外は小麦 5月10日～8月30日

土壌流亡量 kg/ha

処理	I	II	III	平均
自然草地	1028	1846	99	991
不耕起	4060	5714	2475	4083
バルベッチョ	7679	8233	5445	7119

流去水量 t/ha

処理	I	II	III	平均
自然草地	3124	4089	1205	2806
不耕起	6019	7704	2559	5427
バルベッチョ	2244	2663	2876	2594

2002年度 傾斜20%、 自然草地以外は小麦 5月10日～8月30日

土壌流亡量 kg/ha

処理	I	II	III	平均
自然草地	6226	3953	3516	4565
不耕起	18336	5937	7711	10662
バルベッチョ	4651	9118	6611	6793

流去水量 t/ha

処理	I	II	III	平均
自然草地	5407	2708	2996	3704
不耕起	6781	3271	5976	5343
バルベッチョ	2962	4495	3636	3698

傾斜 10%の試験プロットでは 2002 年度の平均土壌流亡量も、不耕起栽培区の方がバルベッチョ区よりも 43%少ないという結果になっているが、2002 年度に新たに設置した傾斜 20%の試験プロットでは、逆に不耕起栽培区の方が平均土壌流亡量が多いという結果になっている。これは 1つのプロットで特異値(上記プロット I=18336)が発生した影響が大きいが、この理由としては、試験プロットの施工から間もない時期であったため、プロット内の土壌が安定していなかったことが考えられる。引き続きデータの収集、分析が必要である。表面流去水量はいずれの区においても、バルベッチョ区に比べ不耕起栽培区の方が多という結果になっている。

(2) 問題点及び今後の課題

一方、上記 1. (2) で記述した不耕起栽培導入にあたって新たに確立すべき技術課題も、実証活動を進めるに従って現実のものになってきている。これらの点について現状の問題点と検討している対応策、今後の課題を記すと以下のとおりである。

1) 傾斜度等異なる地形条件への対応

傾斜のきつい圃場では大型播種機による作業が困難で危険であった。また、播種深度のばらつきも大きかった。これに対しては、小型の播種機を導入して対応した。使用播種機の判断基準は土壤化学の短期専門家(本田氏)が作成した基準(案:別添1)の適用が考えられる。この精度を高め、確立していくことが課題である。

2) 異なる土質への対応

・サンホセにおける土壤の性質が様々で、重粘質で過乾、過湿の変動が激しく、乾燥すると土壤の緻密化、固化する。2002年度の播種作業時、乾燥により土壤が固化したため、大型播種機でも作溝デスクが土壤に入らず種子、肥料が地表面に散乱して播種作業が不可能となった。一方、降雨があると土壤が軟弱になり、播種デスク部に土壤を巻き込み播種作業ができなくなる圃場があった(別添写真1)。このため、固化した土壤では事前にチゼルを通し、表層をほぐしてから大型播種機により播種を行った。

・軟弱な土壤に対しては、土壤が乾燥するまで待つか、小型播種機や畜力播種機での対応を行った。土壤の固化、適作業可能、軟弱の判断は、土壤硬度計SRⅡ型の指示値による基準(案:別添2)より行った。今後、この精度を高め、確立していくことが課題である。

・2002年度実証圃において、小麦とエンドウの栽培について、不耕起栽培とチゼル耕栽培(簡易耕)の比較試験を行っている。チゼル耕の導入は、土壤の固化に対して播種機作業可能日数を増やす目的で行われたが、写真(別添写真2)のように、明らかに途中の生育は良好である。一方、チゼル耕の導入は不耕起栽培に比べ土壤の受食性を高めるとの意見もあり、チゼル耕の可否についての今後の検討が必要である。

・2003年度の不耕起播種に対して、この10月ごろより、事前のチゼル耕処理を計画している。また、深根性の作物導入による生態的な土壤膨軟化処理の効果も念頭にあり、前作時、野生ルーピンの発生密度が高かった不耕起播種圃場を観察している。

・降雨により軟弱になった圃場に対し、今後何日後に作業が可能になるかの予測法については、別添3のような液性限界水分と圃場用水量水分の比から判断する考え方を示した。(別添3)

3) 小規模農家の経費負担

・補助金制度をできるだけ有効に利用。
・農家が大型農機をグループで使用できるよう操作講習会を実施。
・農家になじみが深く、自分らで操作できて、小回りの効く畜力播種機への関心が高い。傾斜地等への適応性などの改良を進め、農家への導入を進める。
・農家の大きな現金収入源となっている麦藁加工用品種の不耕起栽培適性について検討する。
・肥料、農薬等投入資材の利用効率を高めて資材費の軽減を図る。また、不耕起栽培による小麦・豆類の安定、多収栽培技術を確立すると共に、現金収入の基になる果樹等の灌漑栽培による高品質栽培との複合経営の確立が重要である。

4) 畜力播種機の開発・導入

2002年度当初播種希望農家90ha余に対して、実績はその半分であり、播種できなかった農家の不満も強い。この原因の一つは農家の圃場の規模が小さく分散しているため移動に時間を要し、大型の播種機の能力を十分に発揮できないことが挙げられる。播種機運用管理法の検討と農

家が自分で作業可能な小型畜力播種機の開発と導入、畜力播種機による共同播種作業などの取り組みが必要である。

5) 加工麦藁用品種の不耕起播種機への適応性

これについては実証圃内で試験区を設け検討している。生産された麦藁は、農家婦人により麦藁帽子への加工適性が評価された。2001年度の結果は一応、合格とされているが、麦藁帽子はその品質により価格差が大きく、更なる検討が必要である。

6) 豆類の不耕起栽培技術

・2001年度は播種後の降雨により、エンドウ、レンズ豆等の豆類では発芽せず腐敗したり、発芽後根が腐るなどの障害が発生した。2002年度は播種直後の降雨は比較的少なく、発芽は順調であったが、8月の多雨により生育初期のエンドウに病害が発生して大きな被害が出ている。品種などの条件が異なると考えられるが、在来耕法によるエンドウは比較的生育が順調である。

原因として、播種深度が深すぎ（特に軟弱圃場で）ること、品種の違いによる病害抵抗性の弱さ、除草剤による障害等が考えられ（別添写真3）、現在専門分野のC/Pで検討されている。

・原因の基底には不耕起栽培の栽培初期における過湿害の発生のし易さがある。これは、プラウ耕によるバルパッチョでは、耕起、反転した土塊が集合状になり、種子の周りの水が移動しやすく、水は空気中の酸素を多く含み、また乾燥もしやすい。種子の播種深度のバラツキも大きく、比較的浅い位置の種子も多い。一方、不耕起栽培では、種子の周りの土壌は緻密で透水性も悪く、溶存酸素濃度も低下する。土壌の水浸透能が悪いため、雨水は何時までも地表面を流れ、水拡散性病菌の蔓延の原因となる。播種～生育初期の湿害耐性の弱い豆類で被害が大きいが、小麦においても発芽不良や初期成育の低下を招いている個所がある。

・播種深度（現在小麦は2.5cm、エンドウ、レンズ豆は5cmが基準となっている）、品種、殺菌剤や除草剤の選択など対策の早急な検討が必要である。

土壌管理の面からはサブソイラーや深根性作物導入による水浸透能の増大。簡易な承排水路による表面排水の促進が挙げられる。根本的には土壌の団粒構造の形成である。土壌保全の短期専門家(藤本氏)の指導による10～20m間隔、等高線からやや傾斜をつけた深さ10数cm、幅20数cmの簡易な承排水路は、実証圃において比較的効果が高いように観察された（別添写真4）。

7) 播種作業等に関するその他の問題（別添写真1）

圃場での機械作業において、雑草の処理作業や機械作業の仕方の面で、改善が必要な次のような問題も生じている。

- ・草丈の長い雑草が残っていると播種デスクに巻きついた。
- ・勾配のきつい傾斜地を登るとき大型播種機はトラクタの車輪が滑って地表面を荒らした。
- ・傾斜地において進行方向によっては、チゼル耕跡や車輪後がリル浸食の原因となった。

4. 不耕起栽培についての考察

1) 不耕起栽培の機能・効果発揮

不耕起栽培が土壌のエロージョン対策として有効な要因としては、

- ①表面土層を耕起しないので、土粒子が分散しない。
- ②作物残渣をすき込まないので、常に土壌表面が残渣有機物で覆われ、雨滴の衝撃を受けない。

③土壌表面に集積した有機物は、土壌動物や土壌微生物により分解、腐植化され表層土壌と混和して安定的な団粒構造を形成する。

④土壌動物による穴や植物根の腐朽した穴は、土壌深くまで安定した孔隙を形成し、水の浸透能や保水能を高める。

などの点があげられ、これらの機能・効果は耕起栽培体系より優れているとされているが、このような不耕起栽培の機能・効果が十分発揮されるまでには、継続的な取り組みなど長期間を要する。不耕起栽培が面的に広がり継続的に行なわれれば、植林による水資源の涵養効果とあいまって、エロージョン防止機能が向上するだけでなく、持続的農業に果たす役割は大きい。

CADEPA における不耕起栽培はまだ伝統的耕起栽培からの転換初期であり、不耕起栽培の機能・効果が十分発揮される成熟段階にはない。前述の各種問題点もここに原因があるものが多い。従って、現状の不耕起栽培についての評価についてももう少し時間を要し、1, 2年目だけの結果から評価するには問題があると考えられる。転換初期から成熟段階に至るにはかなりの継続年数が必要であり、特に、プロジェクト対象地域のように土壌の多くが有機物集積層の A 層を欠き、重粘、緻密な浸透能の少ない脊薄土壌である場合はなおさらのことである。

従って、成熟段階の不耕起栽培に至る期間を如何に短くするかが課題であり、そのためには、サブソイラーの適用やルーピン等深根性作物の導入による土壌の浸透能、孔隙の付与、裸地期間を設けないような作物残渣の有効な処理法、有機物生産量を多くする牧草など作付けローテーションの検討が必要である。



また、当面バルベッチョ耕法を採用する農家には、エロージョンを抑制するようになるべく平坦地を対象にする、等高線方向に沿った耕起を行なう、自然草地を帯び状に残した緩衝帯を設置することなどを推奨する必要がある。

2) 不耕起栽培の継続実施

この地域においては小麦の生産増は現金収入の大きな増大には結びつきにくい。一方、CADEPA が推奨している不耕起栽培による輪作体系は、従来の伝統的なバルベッチョ耕法に比べると多くの経費がかかるので、農家が持続的に実施して行くには、より低コストな技術体系の確立に加え農家の資金確保が必要である。チリ国は土壌劣化対策プログラム等の補助制度を小農がより使い易いように改善するなどの対応を行なっているので、当面は補助金制度を最大限利用すると共に、将来的には果樹や野菜等の灌漑栽培による高品質生産、土地条件によっては畜産を組み入れた複合経営により安定した農業経営ができるようにすることが必要である。

Tabla 4 La lista de confirmacion de cerolabranza en la temporada de lluvia y humeda

Condicion : Profundidad de Sembra 2~3cm, Disposicion de terreno, Inclination, Textura del suelo, Estado de humedad de suelo arable

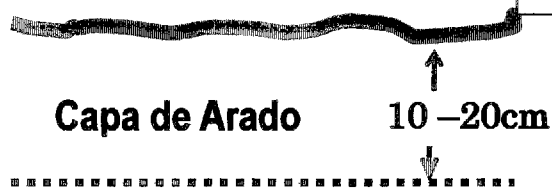
Disposicion de terreno	Inclinacion		Suelo arable		Caracter Especifica de subsuelo de suelo de arable				Tipo de equipo de trabajo
	Vertical	Horizonta	Textura de suelo (0~15cm)	Estado de humedad de suelo(%)	Color de tierra	Textura de suelo	Existencia de	Permeabilidad (Coef Permeabilidad)	
Trapecio 	4 grados Interior, Exterior	0~2 grados	Arcillosa limoso con arena	(Poco)	Pardo rojizo oscuro(2,5YR)	Arcillosa limoso ~	Si	(Mediano)	Sembradora— Abonadora Grande
	4 grados Interior, Exterior	0~2 grados	Limoso ~ Arcillosa limoso	(Mediano)	Pardo oscuro (10YR)	Arcillosa limoso ~ Arcillosa	No	(Poco)	Sembradora— Abonadora Mediano
				(Alto)					Cerolabranza con facil arado a caballo
Forma espalda de caballo 	4 grados Interior, Exterior	0~2 grados	Arcillosa limoso ~ limoso	(Poco)	Negro pardo (10YR)	Arcillosa	Si~No	(Poco)	Sembradora— Abonadora Grande
				(Mediano)					Sembradora— Abonadora Mediano
				(Alto)					Cerolabranza con facil arado a caballo
	6~7 grados	6~7 grados	Arcillosa limoso ~ limoso	(Poco ~ Mediano)	Negro pardo (10YR)	Arcillosa	No	(Poco)	Sembradora— Abonadora Mediano
				(Alto)					Cerolabranza con facil arado a caballo
				Poco ~ Mediano					Sembradora— Abonadora Mediano
8~17 grados	2~8 grados	Arcillosa limoso con arena	Poco ~ Mediano	Pardo oscuro (5YR~7,5YR)	Arc.Lim con arena ~ Arcillosa	Si	(Mediano)	Sembradora— Abonadora Mediano	
Mas de 18 grados	2~8 grados	Arcillosa limoso con arena	Poco ~ Mediano	Pardo oscuro (5YR~7,6YR)	Arc.Lim con arena ~ Arcillosa	Si	(Mediano)	Cerolabranza con facil arado a caballo	

Observacion: (1) Sembradora— Abonadora Grande: JUBER2000- 1(Ancho de siembra 2,1m. 20cm. Siembra 10lineas. Peso vacio 2200kg)
 (2) Sembradora— Abonadora Mediano: JUBER JR (Ancho de siembra 1,68m. 20cm. Siembra 8lineas. Peso vacio 366kg)
 (3) Los articulos de estado de humedad de suelo arable y permeabilidad son los que se necesitan investigar de aqui en adelante.

地形条件と不耕起播種機使用基準

(別添1)

土壤硬度基準(案) SR II型による (別添2)



Capa de Subsuelo

La Condición de la Situación Dureza del Suelo

Situación Dureza del Suelo	Resistencia a Penetrar(kg/cm ²)
Duro	13<
Moderado	3 - 13
Blando	3>

La Recomendación para Trabajo del Siembrador Grande

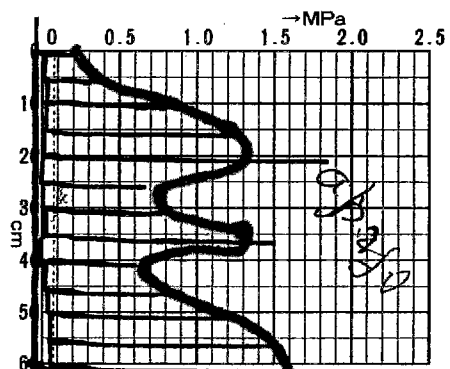
Typo de Durezo	Capa de Arado	Capa de Subsuelo	Trabajo del Siembradora Grande	Adicional
A	Duro	Duro	No Trabajo / Profundidad de la Semilla es muy Poco	Cinzel
B	Duro	Moderado	Prpfundidad de la Semilla es Poco	Cinzel
C	Moderado	Moderado / Duro	Trabajo Bien	
D	Moderado	Blando	Trabajo con Atención	Cuando Gira, Nesecita mucha Atención
E	Blando	Duro / Moderado	Trabajo con Atención / Profundidad de la Semilla es Alto	Donde Pendiente Pronunciada, No Trabajo
F	Blando	Blando	No Trabajo / Profundidad de la Semilla es muy Alto	Donde Pendiente Pronunciada, No Trabajo

別添写真1-1) 圃場の硬軟と大型播種機による播種の状況

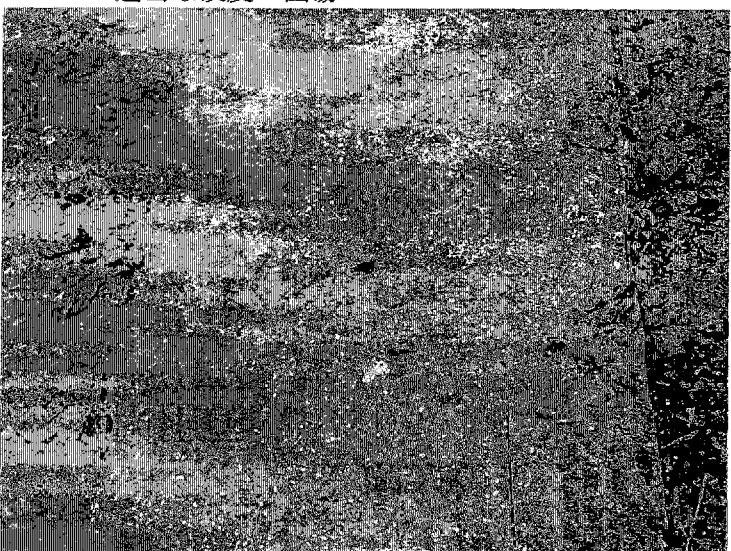
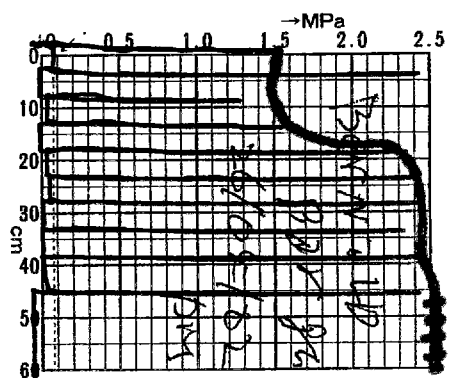


A. 軟弱圃場

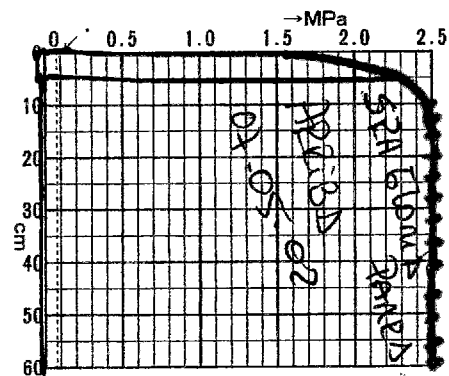
SR II型による土壌硬度
 $\text{MPa} \times 10/2 = \text{kg/cm}^2$



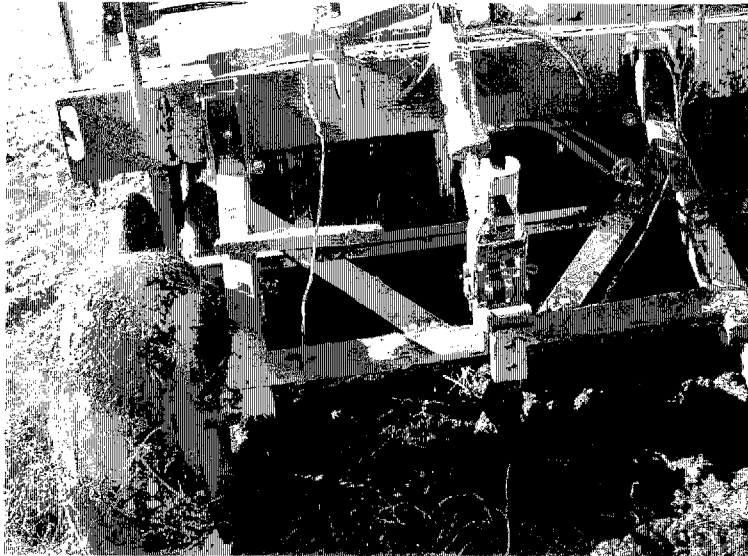
B. 適当な硬度の圃場



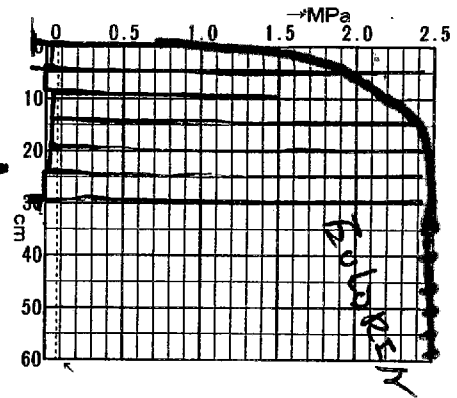
C. 固結圃場



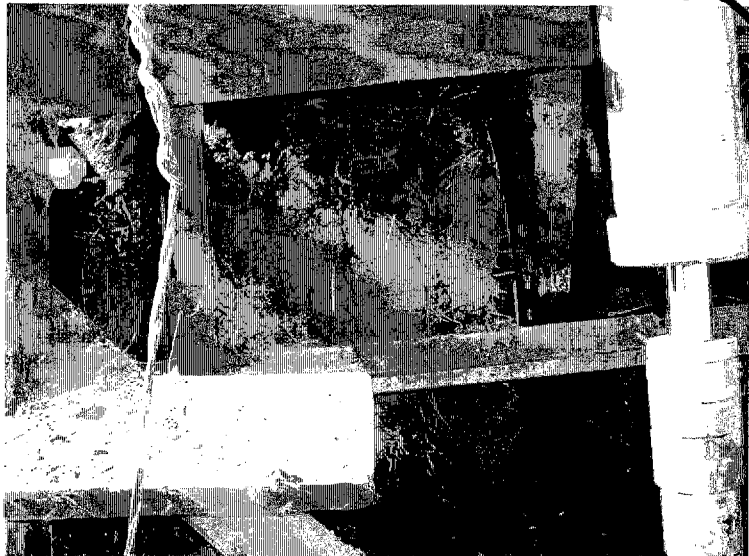
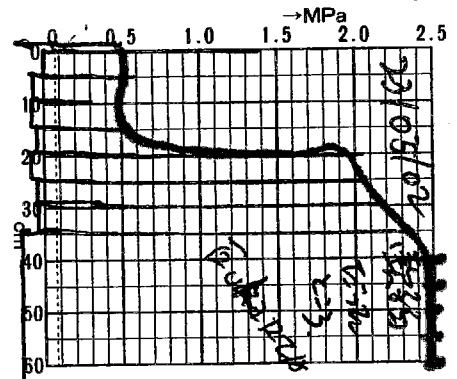
別添写真1-2) 大型不耕起播種機が作業困難となった状況と圃場の硬度 (SR II型による)



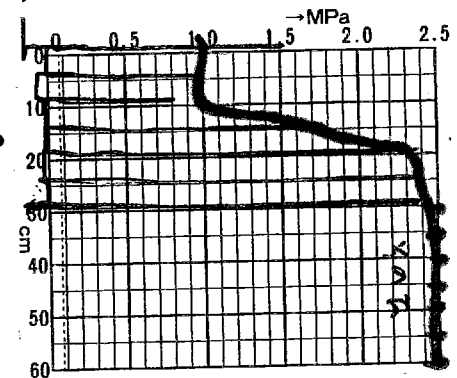
圃場は前作バルベッチョで、表層のみが水を含み軟弱。



傾斜地で回転しようとするするとトラクタの車輪が滑った。



播種溝を覆土する車輪の間に土壌が詰まった。



別添写真 1 - 3) 各種圃場条件と不耕起播種の状況



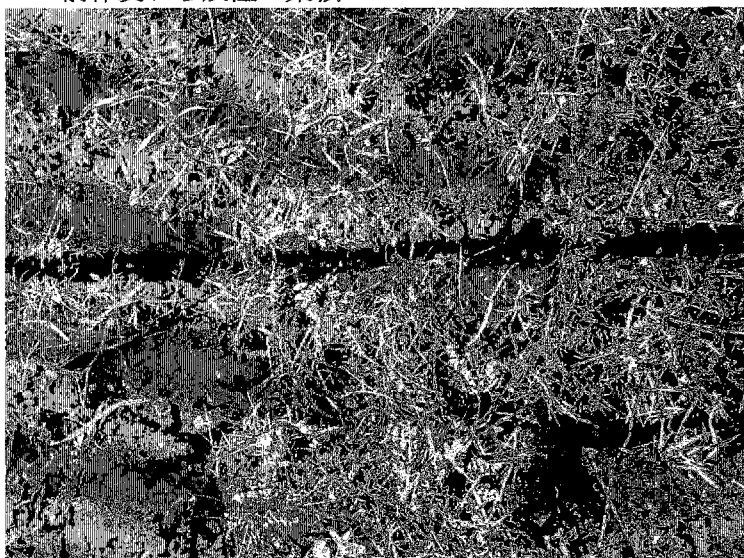
チゼル耕

圃場が硬すぎる場合、播種機の播種溝ディスクが土中に入らないため、あらかじめチゼル耕（深さ20cm程度）により土壌をほぐした後、不耕起播種機により播種した。



前作麦わら残渣の集積

前作の麦わら残渣が集積している箇所では、播種ディスクが麦わら残渣を切断できない場合があり、種子が落ちなかったり、固まって落ちたり、あるいは麦わら中にあつたりで、発芽不良となった。



播種溝の開口

圃場がやや軟弱なとき、播種溝開口部を覆土する装置の調節不良により播種溝が開口したままになった。

別添写真1-4) 各種圃場条件と不耕起播種の状況



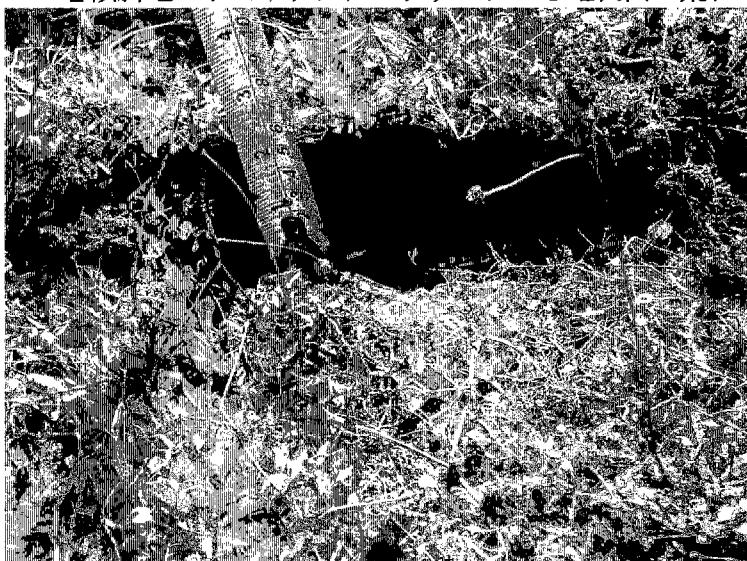
長い雑草の絡みつき

丈の長い雑草が残っていると播種作溝ディスクに絡みついた。事前に草刈をしておく必要がある。



急傾斜地上りでトラクタスリップによる地表面の荒れ

軟弱な圃場で傾斜が急な上り坂では、大型播種機を牽引するトラクタの輪がスリップし、地表面を荒らした。



播種位置が深すぎた小麦種子

軟弱な圃場や播種深度の調節が不良の場合、小麦の基準播種深度 2.5cm に対し、5cm と深い位置に播種された。

別添写真1-5) 各種圃場条件と不耕起播種の状況



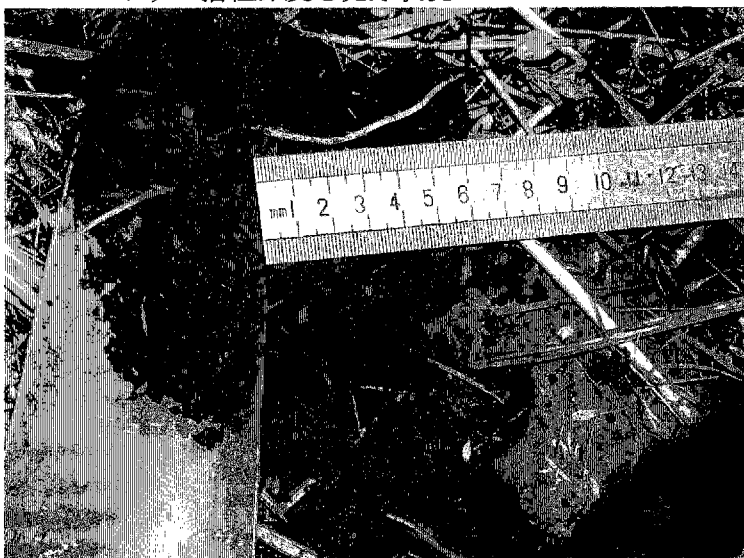
エンドウの播種深度

エンドウの播種深度は基準が 5cm となっている。写真の播種深度は 4cm 程度で基準どおりに播種されているが、軸が弱く、発芽初期に湿害の受けやすいエンドウでは、不耕起播種の条件では、やや深すぎるのではないかとと思われる。



エンドウの播種深度と発芽状況

重粘土壌でのエンドウの発芽状況。軸が曲がっている。



レンズ豆の播種深度と発芽状況

レンズ豆の播種深度も基準は 5cm であるが、種子の更に小さいレンズマメでは軸も細く、過湿による障害を受けるものも多かった。

別添写真2

チゼル耕有無の影響



不耕起栽培小麦のチゼル耕有無の比較 (実証圃)

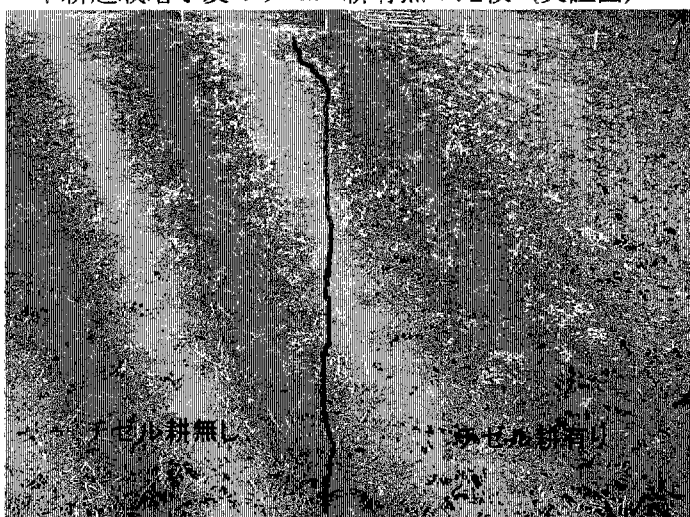
実証圃における小麦の不耕起栽培と簡易耕栽培 (チゼル耕) の比較

青い棒より左のチゼル耕の部分が右の不耕起播種のみより生育がよく、葉色も濃い。

その原因として

- ・ 根の伸張深度
- ・ 地力窒素の発現量の違い
- ・ 湿害や干害の程度への影響

が考えられ、今後の調査が必要
(12/09/02)



不耕起栽培エンドウのチゼル耕有無の比較 (実証圃)

エンドウ畑 (実証圃) における不耕起栽培と簡易耕栽培 (チゼル耕) の比較

障害のある中ではあるが、チゼル耕の方が生育はやや良いようである。

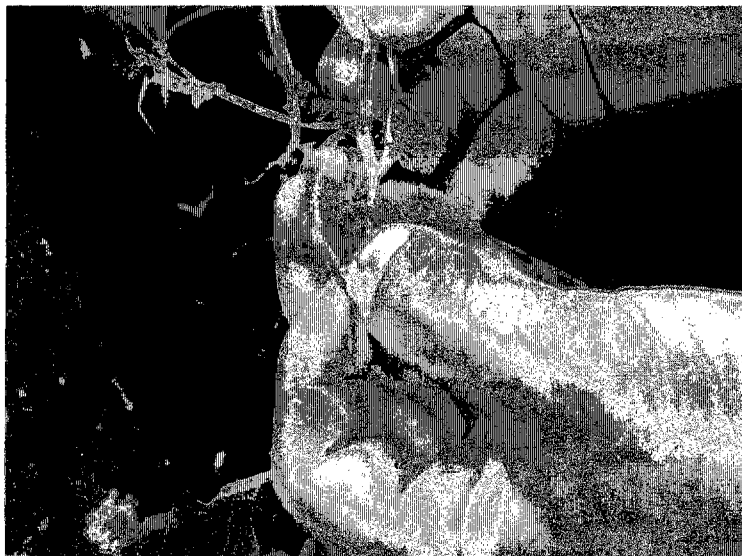
(12/09/02)



エンドウの生育初期の根の分布の差異

エンドウにおける生育初期の根茎発達状況の違い

不耕起播種だけの根茎は浅く、播種溝ディスクの方向に扁平になっている。



エンドウの障害状況調査

今年の豆類は、発芽状況は良かったものの8月になってからも降雨が続き、エンドウ、レンズマメとも病害と思われる障害が多く発生した。

エンドウの茎を割って病気の状況を見ているカウンターパート。

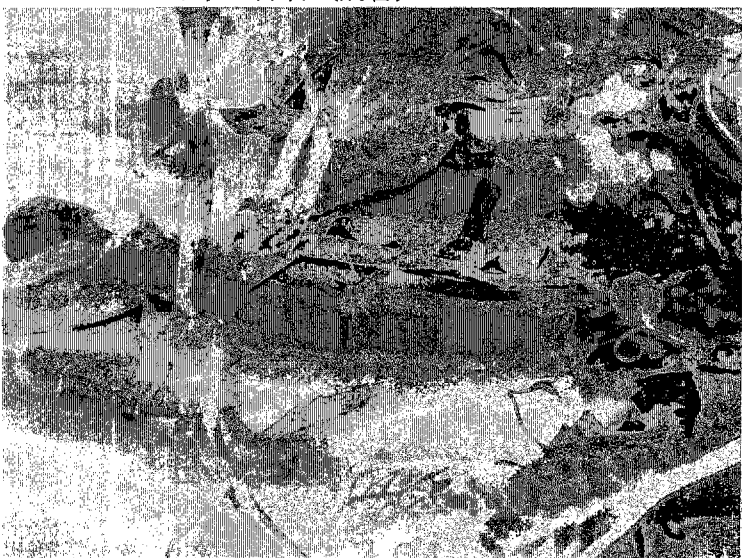
内部は褐変コルキー化していないものが多かった。



エンドウの障害 (病害)

エンドウの障害の様相

- ・ 生育がストップし、新しい目の伸張がほとんど無い。
- ・ ストップした株の葉色が異常に濃い。
- ・ 病変により下葉や茎が褐変している。



エンドウの病斑

葉や茎の褐変の状況 (拡大)

障害は、フザリウム等による根の内部から起こっているよりも、疫病のように葉や茎の表面から進入しているように思われた。

別添写真 4

承水路その他



実証圃不耕起播種圃場の承水路

不耕起栽培傾斜地で承水路を設けたもの。

圃場からの表面排水促進に生育上からも、リル発生抑制からも効果がありそう。(実証圃)

12/09/02

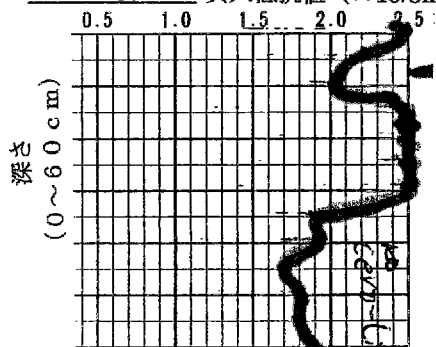


エル・カルメン不耕起播種農家の小麦

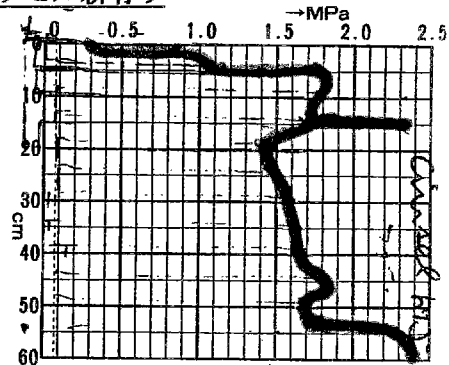
エル・カルメンの不耕起栽培小麦圃場(土壌は黒ボク土)で、チゼル耕の有無による成育の違い。

土壌の貫入抵抗に違いが見られた。(08/10/02)

チゼル耕無し 貫入抵抗値 ($\times 10/5\text{kg}/\text{cm}^2$)



チゼル耕有り



農家の関心が高かった役牛 2 頭ひきによる小型不耕起播種機の実施 (実証圃)



家畜牽引型の小型不耕起播種機 (実証圃)