

8. チモシーにおける耐性育種の成果と展望

下小路 英 男*

はじめに

牧草は、播種後 10 年以上利用する場合が多く、永続性に優れていることが必要である。また、牧草に残留毒物がある場合は最終生産物である乳肉にそれが蓄積されるため、農薬による病害防除ができない。したがって、安定栽培のためには、適草種の利用とともに、各種耐性に優れた品種を利用することが必要であり、品種改良では耐性をより向上させることが主要な目標である。

ここでは、永続性を低下させる主要因である越冬性と干魃害の環境ストレス耐性、永続性と栄養価値を低下させる斑点病耐病性、チモシーの欠点の一つとされ改良が強く望まれている耐倒伏性について、これまでの成果と今後の取り組みについて述べる。

1. 環境ストレスの耐性育種

道内で環境ストレスによる被害が最もみられるのは、冬枯れと早魃害による減収又は枯死であり、品種改良では越冬性と耐旱性の向上が最も必要である。しかし、これらの耐性を向上させた場合は、休眠性が強まり、低温短日となる秋期の再生力が低下し、収量性や競合力の低下を招くことが多くの草種でみられ、これらの負の相関関係を打破することが品種改良の大きな問題点とされている。実際的な対応としては、普及地帯で安定的な栽培に必要とされる耐性の程度を検討し、その程度の範囲で主要な農業形質である再生力又は収量性の向上を図る必要がある。しかし、道内各地における越冬性及び耐旱性の必要な程度は必ずしも解明されておらず、環境ストレス耐性の育種をより進めるためにはこれらの検討が早急に必要とされる。

1) 越冬性

(1) これまでの成果

チモシーは越冬性に優れていることから、既存品種程度の越冬性を維持しつつ、再生力さらには収量性を向上

させる方向で品種改良を行ってきた。

越冬性は主に耐凍性と雪腐大粒菌核病耐病性に左右されているが、系統を構成する親の選抜は、冬枯れの自然発生条件下で検定しており、耐凍性と雪腐大粒菌核病耐病性を区別しないで総合的な越冬性を評価して行ってきた。既存品種程度の越冬性を有する個体及び親系統を選抜してきた。系統を育成してからは、生産力検定では、圃場での幼苗検定を雪腐大粒菌核病の防除と無防除区の処理を行い、また、系統適応性試験では、根釧農試で耐寒性特性検定試験を行い、耐凍性と雪腐大粒菌核病耐病性の検定を行っている。

表 1 に育成品種を含む主要品種の越冬性、収量性及び再生力¹⁾、図 1 に耐凍性²⁾³⁾⁴⁾、図 2 に雪腐大粒菌核病耐病性²⁾³⁾⁴⁾を示した。これらからわかるように、最近の育成品種は、越冬性、さらには耐凍性及び雪腐大粒菌核病耐病性を「北海道在来種」また在来種から選抜した「センボク」並に維持し、収量性と再生力を向上させてきた。しかし、極早生「クンプウ」と晩生「ホクシュウ」は、耐凍性と雪腐大粒菌核病耐病性がそれほど劣らないが、越冬性はやや劣っており、越冬性の改良が必要である。両熟期では、「北海道在来種」の中に遺伝資源がほとんどなく、欧米から導入した材料を母材としており、北海道の厳しい越冬条件に適応した材料が少ないことも一要因と考えられる。

耐凍性と雪腐大粒菌核病以外で越冬性に関与するものに、雪腐黒色小粒菌核病の被害があげられる。土壤凍結と積雪が比較的多い条件で発生するが、主要栽培の道東と道北では比較的被害が小さいこと、当場の圃場ではほとんど発生しないことなどから、本病害に対する抵抗性の選抜は行っていない。しかし、本病害による被害は局地的ではあるが若干発生していることから、今後の発生に備えて検定方法の確立が必要と考えられたため、幼苗検定法確立の試験を行った。その結果を以下に述べる。

① 幼苗検定試験

秋期播種（8 月上旬と 9 月上旬）の幼苗に菌核（8.3 g/m²）を接種し、雪腐黒色小粒菌核病を防除した場合との冬損程度を比較して耐病性を検定する。

表 2 に冬損程度の品種間差異を示した⁵⁾。本方法で品

北海道立北見農業試験場
牧草育種指定試験地

表1 主要品種の主な特性

品 種 名	育成年	熟 期	越冬性	収量性	再生力	斑点病耐病性
北海道在来種		早 生	8	100	2	5
ク ン ブ ウ	1980	極早生	7	115	8	4
セ ン ボ ク	1969	早 生	8	111	5	6
ホ ク オ ウ	1969	早 生	8	117	6	4
ノ サ ッ プ	1977	早 生	8	120	8	7
ア ッ ケ シ	1992	中早生	8	128	7	8
ホ ク セ ン	1984	中 生	8	114	5	6
キ リ タ ッ プ	1992	中晩生	8	123	7	7
ホ ク シ ユ ウ	1977	晩 生	5	121	7	5

注) 1) 下小路、1991³⁾。

2) 収量性は、各試験で共通な品種の年間合計乾物収量の比率から、「北海道在来種」に対する百分比で示した。

3) 越冬性、再生力は1(極不良)～9(極良)である。

4) 斑点病耐病性は1(極弱)～9(極強)。

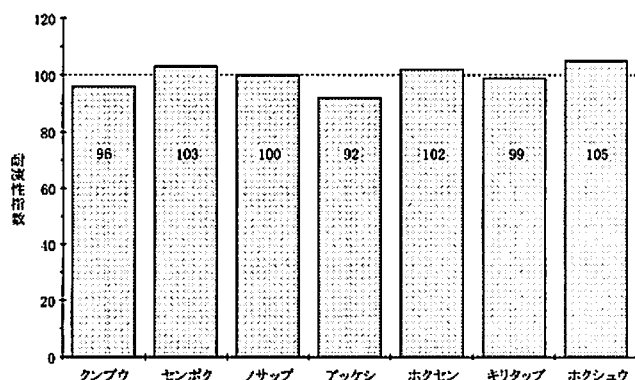


図1 耐凍性の品種間差異

注) 1) 北見農試、1980²⁾。北見農試、1992³⁾。

2) 指数は1番草乾物収量における除雪・防除区/積雪・防除区×100の値で、「ノサップ」に対する百分比で示した。

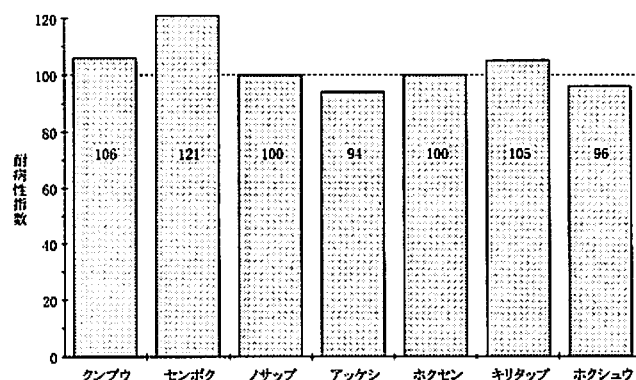


図2 雪腐大粒菌核病耐病性の品種間差異

注) 1) 北見農試、1980²⁾。北見農試、1992³⁾。

2) 指数は1番草乾物収量における積雪・無防除区/積雪・防除区×100の値で、「ノサップ」に対する百分比で示した。

種系統間の差異がみられるとともに、本病害に対してやや弱いオーチャードグラスとチモシーとの差異が明らかであったことから、本方法の検定方法が有効と考えられる。チモシーの冬損程度がやや少なく、接種菌量をもう少し増やしたほうが良いと考えられ、このことについては今後検討する必要がある。

(2) 今後の展望

チモシーは越冬性に優れていることから、強い選抜は行ってこなかった。しかし、高栄養価粗飼料の生産のために早刈りが行われるようになったが、その場合、越冬条件の厳しい根釧地方では早刈りするとチモシーの永続性が低下することが示された。この永続性の低下が、越冬性もしくは再生力の低下に起因しているかは明らかにされていないが、越冬性の向上は早刈りの場合の永続性を向上させる可能性がある。一方、低コスト生産のために、集約放牧を取り入れることを推奨しているが、放牧利用は採草利用より刈り取りのストレスがかかるためよ

り越冬性に優れた品種が必要とされる。このように越冬条件の厳しい根釧地方では、越冬性により優れた品種の育成が必要とされている。現在、根釧農試作物科の協力により、根釧農試と北見農試圃場で同じ遺伝子型を用いた栄養系評価試験を多刈り条件で実施しており、越冬性に優れ、根釧地方に適した放牧用品種が近い将来育成されるであろう。また、これらの成果によって、早刈りにおける永続性の向上も果たせると考えている。

2) 耐 旱 性

(1) これまでの成果

天北及び網走地方の重粘土壌及び砂丘地では、干魃による減収がみられる。対策としては、土壌改良、灌水及び耐旱性に優れた草種(アルファルファ)の導入があげられるが、コストなどの面から、それらの技術はそれほど普及されていない。また、当地帯では干魃に比較的弱いチモシーの栽培が多いこともより干魃害を大きくし

表2 雪腐黒色小粒菌核病による冬損程度の品種間差異

品 種 名	防 除		接 種		品 種 名	防 除		接 種	
	8上	9上	8上	9上		8上	9上	8上	9上
クンブウ	0.5	0.0	1.5	2.5	ホクシュウ	0.0	0.0	1.5	1.5
センボク	0.5	0.0	1.0	2.0	ホクオウ	1.0	0.0	1.0	1.5
ノサップ	0.0	0.0	1.0	1.0	ホクセン	0.5	0.0	1.0	1.5
アッケシ	0.5	0.0	1.0	1.0	オカミドリ	1.0	1.0	2.0	4.0
キリタツ	0.5	0.0	1.0	2.0	キタミドリ	1.0	0.0	2.5	4.0

注) 1) 鳥越ら, 1995³⁾。

2) 冬損程度は0 (無)、1 (微)～5 (甚)。

ていると考えられ、耐旱性育種の必要性は大きい。しかし、当場では干魃害が小さいため圃場検定ができないことなどから、幼苗検定法の確立にとどまっている。

以下に、幼苗検定法の確立試験の結果について述べる。

① 幼苗検定方法

1/20,000 a のシードリングケースに、パーミキュライト 70 g、その上に乾土 34 g を置いて播種し、10 個体の幼苗を生育させる。発芽後は、最大容水量の 70～80%、18～21℃、12 時間日長で育苗する。幼苗が 4～5 葉期で水分供給を停止し、供給水分が 0 % となってから 10 日間干魃条件で生育させる。その後、刈り取り、再給水してから再生した生存個体率で耐旱性を評価する。

図 3 に幼苗検定における生存個体率の品種間差異を示した⁶⁾。全体の生存率が 50% に近い値を示し、本試験の干魃の程度は適当と考えられた。また、供試した品種間の生存率に明らかな差異がみられたことから、本検定法が耐旱性の検定に有効と考えられる。ただし、本検定の干魃程度が、実際の栽培上でどの程度の干魃条件に相当するかは明らかでない。

(2) 今後の展望

耐旱性の改良のためには、①必要とされる耐旱性の程度の解明、②幼苗検定法と圃場検定法の確立と両者の関係の解明、③選抜効果の確認、などが必要である。現在、天北農試土壌肥料科では、耐旱性の選抜のための基礎的研究を実施しており、この研究成果を待って選抜に着手しようと考えている。

2. 耐病性育種

1) 斑点病耐病性

(1) これまでの成果

道東と道北の主要栽培地帯で多発する斑点病は、幼苗の枯死や栄養収量の減収を招く重要病害であり、育種を始めた当初から本病害の耐病性育種を行ってきた。その結果、表 1 に示したとおり、耐病性は著しく向上した。

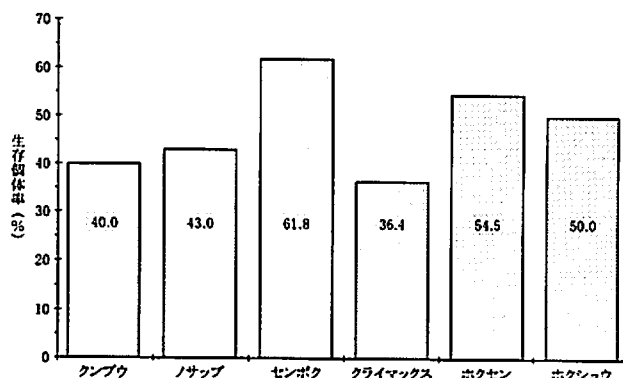


図3 耐旱性の品種間差異

注) 1) 北見農試, 1989⁶⁾。

2) 各品種の供試個体数は 110 個体である。

これには、多くの材料の耐病性を早期に検定できる幼苗検定法の確立が大きく貢献した。以下に、幼苗検定法と耐病性育種の成果を述べる。

① 幼苗検定方法

シードリングケースに 4 cm²/個体の密度で幼苗を育てる。幼苗が 6～6.5 葉期になったら暗黒・多湿条件下で 3 日間生育させ、4 × 10⁵ 個/ml の斑点病菌胞子懸濁液を葉面に噴霧して病原菌の接種を行う。接種後は、再び暗黒・多湿条件下で 4 日間生育させる。その後、光だけを通常の条件に変えて 10 日間育苗して発病させ、最も発病が著しい葉を基準に各個体の耐病性を判定する。

② 幼苗検定と圃場検定の関係

図 4 に幼苗検定と圃場検定の罹病程度の関係を示した⁷⁾。両者間には優位な正の相関関係がみられ、幼苗検定での選抜は、ほぼ圃場での選抜と一致することから、早期の選抜方法として有効であることが明らかとなった。

③ 斑点病の選抜効果

図 5 に幼苗と圃場検定による 1 回の選抜効果を示した⁸⁾。選抜系統は母材より明らかに耐病性に優れていた。図 6 に幼苗と圃場検定から選抜された親栄養系とその多交配後代の罹病程度の関係を示した⁹⁾。両者の間には比較的高い正の相関関係がみられ、親子回帰係数も 0.92 と高い値であった。これらのことから、斑点病耐病性は、

遺伝力が比較的高く、選抜効果が高いことが明らかとなった。

④ 育成系統の耐病性

図7に幼苗検定と圃場検定を2世代行って育成した「アッケシ」の抵抗性を示した¹⁰⁾。「アッケシ」は、抵抗性個体が明らかに高く、選抜効果が顕著にみられる。本品種の耐病性を著しく向上させることができた要因として、2世代の幼苗及び圃場検定の選抜によって耐病性遺伝子を蓄積したこと、2世代で合計21,366個体の個体を選抜に供試して多くの遺伝資源を検定したことが考えられる。これだけ多くの材料を検定することができたのは、幼苗検定法の利用によるところが大きい。

(2) 今後の展望

極早生と晩生群に耐病性品種系統又は個体が少ないことが問題点としてあげられる。これらの耐病性向上のためには、従来手法とともに、①自殖による優良遺伝子の集積、②品種系統間交雑による耐病性の付与によるな

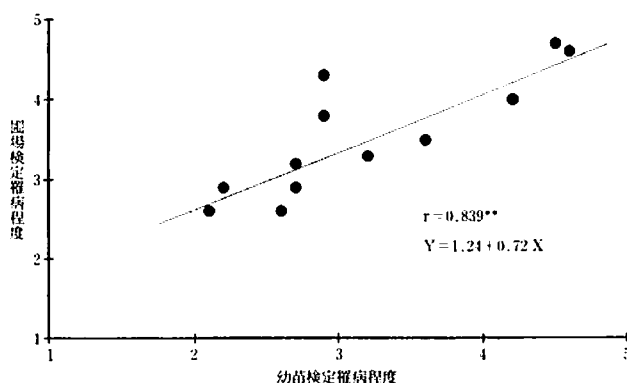


図4 斑点病罹病程度における幼苗検定と圃場検定の関係

- 注) 1) 筒井、1977⁹⁾。
2) 罹病程度は1(無又は微)～5(甚)である。
3) 圃場検定は2番草の罹病程度である。

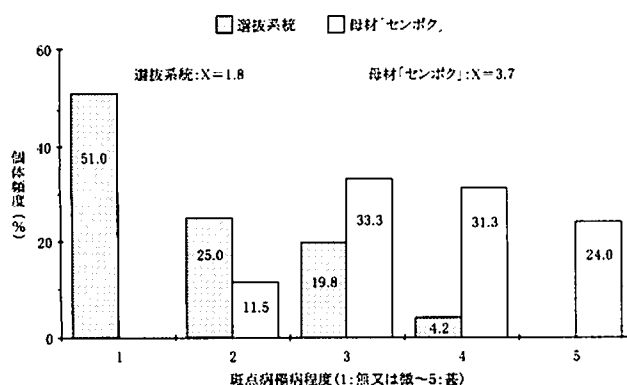


図5 斑点病耐病性の選抜効果

- 注) 1) 筒井ら、1990⁹⁾。

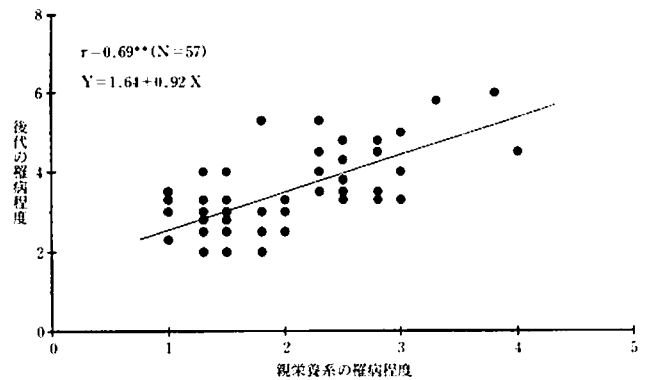


図6 斑点病罹病程度における親子関係

- 注) 1) 筒井ら、1991⁹⁾。
2) 罹病程度は1(無又は微)～9(甚)。

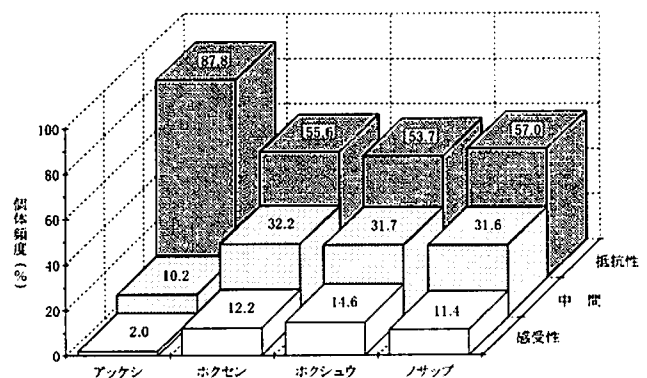


図7 育成系統の斑点病抵抗性

- 注) 1) 北見農試、1992¹⁰⁾。
2) 抵抗性は0(無)～1(微)、中間は2(少)～3(中)、感受性は4(多)～5(甚)の個体である。

どが必要であり、現在取組中である。斑点病以外の重要病害はすじ葉枯病、黒さび病及びがまの穂病であり、これらについてはいずれも圃場での自然発生条件で検定選抜している。すじ葉枯病と黒さび病は、接種できないため現在の検定もしくは選抜方法で今後も取り組む予定である。一方、がまの穂病は、エンドファイトのため感染していても病徴がみられないこと、感染経路が明らかでないことや接種検定ができないことなどから、選抜ができない現状にある。今後の対応としては、がまの穂病に感染した個体を薬剤処理(サブロールの浸漬処理)をもちいて選抜個体と採種種子をがまの穂病フリーにすることが必要であり、現在、フリーになったかどうかを検定するためにがまの穂病菌の抗体を用いたエライザ法を検討中である。

3. その他の耐性育種

1) 耐倒伏性

(1) これまでの成果

栽培利用上、倒伏による品質、永続性及び作業効率の低下が大きな問題となっている。最も問題となっている晩生において、耐倒伏性の圃場選抜効果を検討した。表3に圃場における個体選抜の主要形質を示した¹⁾。耐倒伏性の個体は比較的多いが、これらの個体は再生力にやや劣っていた。表4には、表3の耐倒伏性の個体のなかから生育も比較的良好な49個体を選抜し、その個体の後代検定の結果を示した²⁾。選抜後代の耐倒伏性は比較的優れているが、再生力はやや劣っており、耐倒伏性の選抜では、選抜効果は比較的高いが、再生力を低下させないことが大きな問題でであることが示された。一方、表

5には耐倒伏性の選抜効果と収量性などを検討するために、選抜の初期の段階で予備的に育成した系統の試験結果を示した³⁾。育成系統は、耐倒伏性は比較的優れるが、再生力と収量性がやや劣っていた。しかし、3年目の育成系統の収量は「ホクシュウ」より勝っていた。これは、「ホクシュウ」は倒伏により枯死株が発生して収量が低下したが、育成系統は倒伏による枯死株の発生が少なく、収量の低下がみられなかったためであり、耐倒伏性の向上が永続性の維持に重要であることを示している。

(2) 今後の展望

現在、晩生群とともに、早生群の耐倒伏性選抜個体の多交配後代試験、競合力栄養系試験を実施しており、耐倒伏性と再生力、競合力及び収量性の関係解明と選抜を行っており、耐倒伏性と再生力を同時に向上できる可能性を検討している。一方、茎の強度を引き倒しなどの方法によって数値化して、耐倒伏性の選抜をより効率的に

表3 晩生における耐倒伏性個体の生育特性

個 体 群	個体数	倒伏程度	出穂始(月/日)	越冬性	再生力	茎数密度	伸長量 (cm)
耐 倒 伏 性	263	3.2	7/2	7.4	4.2	2.8	46
生 育 良	96	8.2	7/1	7.2	7.4	3.6	36
ホクシュウ	187	7.2	7/2	6.8	6.0	4.0	35
全 個 体	1,568	6.4	7/2	7.0	5.2	3.8	38

注) 1) 北見農試、1991¹⁾。

2) 倒伏は1(無又は微)～9(甚)。越冬性、再生力は1(極不良)～9(極良)。茎数密度は1(極少)～9(極多)。

3) 伸長量は節間伸長期と出穂始の草丈の差。

表4 耐倒伏性の後代検定結果

品種系統名	系 統 数	倒 伏 程 度	出穂始(月/日)	越 冬 性	再 生 力	乾物収量比	
						1 番 草	2 番 草
選 抜 後 代	49	1.5	6/27	7.1	5.8	107	93
優 良 系 統	4	1.6	6/27	7.1	5.9	109	95
ホクシュウ		2.4	6/25	7.8	6.8	100	100

注) 1) 北見農試、1995²⁾。

2) 収量は対「ホクシュウ」比。

表5 耐倒伏性系統の生育及び収量性

品種系統名	倒伏程度		再生力		斑点病罹病程度	乾物収量比	
	2 年 目	3 年 目	2 年 目	3 年 目		2 年 目	3 年 目
耐倒伏性系統	6.0	2.6	5.0	6.0	2.6	97	110
ホクシュウ	9.0	6.0	7.0	7.0	4.2	100	100

注) 1) 北見農試、1992³⁾。

2) 合成系統は、表3の耐倒伏性個体から選抜した5個体の合成系統である。

3) 倒伏程度、斑点病は1(無又は微)～9(甚)。再生力は1(極不良)～9(極良)。

行う必要があり、簡易検定方法の確立を早急に行う必要がある。

引用文献

- 1) 下小路英男(1991)。寒地型牧草における育種の成果と新品種の有効利用。自給飼料。16：19-27。
- 2) 北見農試(1980)。チモシー「北見11号」に関する試験成績書。p.37-52。
- 3) 北見農試(1992)。チモシー「北見16号」に関する試験成績書。p.30-31。
- 4) 北見農試(1992)。チモシー「北見18号」に関する試験成績書。p.29-30。
- 5) 鳥越昌隆・下小路英男・吉沢晃・玉置宏之(1995)。北海道草地研究会報。29：101。
- 6) 北見農試(1989)。飼料作物の育種に関する試験成績書。p.55。
- 7) 筒井佐喜雄(1977)。耐病性育種の最近の成果と問題点。育種学最近の進歩。18：76-85。
- 8) 筒井佐喜雄・古谷政道・川村公一(1990)。チモシーの斑点病抵抗性品種育成に関する研究。4。抵抗性選抜効果の実証。北海道草地研究会報。24：145-148。
- 9) 筒井佐喜雄・古谷政道・川村公一(1991)。チモシーの斑点病抵抗性品種育成に関する研究。5。育成系統の斑点病抵抗性及び2, 3の特性。北海道草地研究会報。25：103-107。
- 10) 北見農試(1992)。チモシー「北見16号」に関する試験成績書。p.38。
- 11) 北見農試(1991)。飼料作物の育種に関する試験成績書。p.10-26。
- 12) 北見農試(1995)。飼料作物の育種に関する試験成績書。p.20-21。
- 13) 北見農試(1992)。飼料作物の育種に関する試験成績書。p.88-89。