

KAZIMIERZ KLIMA

## PLONOWANIE I GLEBOCHRONNOŚĆ OWSA UPRAWIANEGO W SIEWIE CZYSTYM ORAZ Z DWOMA RODZAJAMI WSIEWEK

### Streszczenie

W pracy przedstawiono wpływ zróżnicowanej ilości wysiewu owsa uprawianego bez wsiewki i z wsiewką oraz położenia na stoku na produktywność i glebochronność owsa. Stwierdzono niższe plonowanie (0,31–0,34 t/ha) oraz wyższe o 11–21% straty gleby wywołane erozją wodną, na stanowiskach owsa z wsiewką. Wzrost nachylenia stoku o 5% spowodował zmniejszenie plonowania o 0,2 t/ha i zwiększenie strat gleby o 40%.

### Wstęp

Owies jest powszechnie uważany za roślinę zbożową, której wymagania glebo- i klimatyczne szczególnie predysponują do uprawy na gruntach ornych w terenach górskich [11, 15]. W dostępnym piśmiennictwie brak jest wyników badań informujących o glebochronnej roli owsa uprawianego na erodowanych stokach górskich. Określenie tej funkcji owsa jest tym bardziej zasadne, gdyż w ogólnej powierzchni obsiewanej zbożami w terenach górskich, jego udział jest wysoki i dochodzi do 32% [13].

Celem badań było określenie produktywności i glebochronności owsa uprawianego w warunkach górskich w siewie czystym i jako roślina ochronna wsiewki koniczyny czerwonej i mieszanek koniczyny czerwonej z tymotką, w zależności od położenia na stoku.

### Material i metody

Dwuczynnikowe doświadczenie założone metodą losowanych bloków przeprowadzono w latach 1992–95 w Górskiej Stacji Doświadczalnej w Czyrnej pod Krynica. Pierwszym czynnikiem były trzy sposoby wysiewu owsa: owies w siewie czystym (600 ziarn/m<sup>2</sup>) i owies wysiewany w ilości 450 ziarn/m<sup>2</sup> jako roślina ochronna wsiewki

koniczyny czerwonej wysiewanej w ilości 24 kg/ha oraz wsiewki mieszanki koniczyny czerwonej (20 kg /ha) z tymotką łąkową (2 kg/ha). Drugim czynnikiem były trzy strefy stoku o zróżnicowanym nachyleniu i właściwościach glebowych: a) strefa górna między 570 a 560 m. n.p.m. o spadku 16,6%, b) strefa środkowa między 560 a 552,8 m. n.p.m. ze spadkiem 11,6%, c) strefa dolna między 552,8 a 545 m. n.p.m. ze spadkiem 12,4%. W każdej strefie wydzielono poletka o powierzchni 60 m<sup>2</sup> (12 x 5 m.) w 4 powtórzeniach dla każdej kombinacji. Zawartość potasu (mg K<sub>2</sub>O w 100 g gleby) w strefie górnej była średnia, a w pozostałych strefach wysoka. Zawartość fosforu (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) w strefie górnej była niska, a w pozostałych strefach średnia. Wartość pH (w KCl) na całym stoku kształtowała się średnio na poziomie 5,0. Nawożenie mineralne wynosiło: owies w siewie czystym 80 kg/ha N, 120 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 100 kg/ha K<sub>2</sub>O, owies jako roślina ochronna: 50 kg/ha N, 150 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 100 kg/ha K<sub>2</sub>O. Każdorazowo przedplonem owsa były buraki uprawiane na oborniku. Glebę na której wykonano doświadczenie określono jako brunatną, wytworzoną ze zwietrzliny skał fliszowych. Zakwalifikowano ją do V klasy bonitacyjnej, 12 kompleksu owsiano-ziemniaczanego górskiego. Zmywy powierzchniowe badano w okresie od siewu do zbioru owsa za

Tabela 1

Miesięczny rozkład opadów i temperatur powietrza w okresie wegetacji owsa w latach 1992–1995.

Monthly distribution of precipitation and temperatures of air during the vegetation period of oats in the years 1992–1995.

| Lata<br>Years                   | Miesiące<br>Months |       |       |       |       | Suma opadów, śr. temp.<br>Total of prec. or mean temp. |
|---------------------------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|--------------------------------------------------------|
|                                 | IV                 | V     | VI    | VII   | VIII  |                                                        |
| Opady / Precipitation [mm]      |                    |       |       |       |       |                                                        |
| 1992                            | 47,1               | 139,8 | 135,3 | 57,4  | 66,1  | 445,7                                                  |
| 1993                            | 39,5               | 88,9  | 92,1  | 156,4 | 106,7 | 483,6                                                  |
| 1994                            | 117,3              | 68,3  | 115,8 | 24,5  | 62,9  | 388,8                                                  |
| 1995                            | 71,5               | 81,6  | 189,8 | 36,4  | 138,5 | 517,8                                                  |
| 1992-95                         | 68,9               | 94,6  | 133,2 | 68,7  | 93,6  | 459,0                                                  |
| 1981-95                         | 61,1               | 103,8 | 116,4 | 90,2  | 99,0  | 470,5                                                  |
| Temperatury / Temperatures [°C] |                    |       |       |       |       |                                                        |
| 1992                            | 6,1                | 11,0  | 15,8  | 16,6  | 18,6  | 13,6                                                   |
| 1993                            | 7,0                | 13,4  | 14,0  | 14,9  | 15,3  | 12,9                                                   |
| 1994                            | 6,7                | 12,2  | 14,5  | 18,6  | 17,3  | 13,9                                                   |
| 1995                            | 4,8                | 10,6  | 15,2  | 17,8  | 17,7  | 13,2                                                   |
| 1992-95                         | 6,2                | 11,8  | 14,9  | 16,9  | 17,2  | 13,4                                                   |
| 1981-95                         | 6,1                | 11,4  | 14,0  | 16,0  | 14,9  | 12,5                                                   |

pomocą chwytaczy workowych Słupika o szerokości 2 m. Pas pomiarowy wynosił 10 m<sup>2</sup>. Ocenę indywidualnego wpływu komponentów struktury na kształtowanie plonu ziarna owsa wykonano przy pomocy analizy regresji według metody Hellwiga [5]. Warunki meteorologiczne w latach 1993 i 1995 sprzyjały rozwojowi owsa, tab. 1. Natomiast w roku 1992 niedobór opadów w lipcu i sierpniu oraz w roku 1994 susza występująca od 3 dekady czerwca do zbiorów, przyczyniły się do obniżenia plonu. Według kryteriów opracowanych przez Kaczorowską [6] sezony kwiecień – sierpień w latach 1992, 1993, 1995 zaliczono do przeciętnych, zaś 1994 do suchych.

### Wyniki i dyskusja

Zwiększona ilość wysiewu oraz wyższe nawożenie azotowe owsa uprawianego bez wsiewki spowodowało wyższe (od 0,31 do 0,34 t/ha) jego plonowanie w stosunku do owsa z wsiewką (tab. 2). Osiągnięty rezultat potwierdza wyniki badań Mazurek i wsp. [9], w których zwiększenie ilości wysiewu owsa spowodowało wzrost jego plonowania. Zwiększone nawożenie azotowe owsa w czystym siewie spowodowało niewielki (0,3–0,5%) wzrost procentowej zawartości białka w ziarnie owsa w stosunku do owsa z wsiewką, gdzie stosowano niższą o 30 kg/ha dawkę azotu. Również lepsze warunki glebowe w strefie dolnej sprzyjały większemu (o 0,4%) nagromadzeniu białka w ziarnie owsa, aniżeli w strefie górnej.

Wyższe plonowanie owsa w siewie czystym niż owsa z wsiewką zależało bardziej od większej liczby wiech na jednostce powierzchni aniżeli od liczby ziarn w wiesze i masy 1000 ziarn (tab. 3–4). Jak wykazała analiza regresji wpływ liczby wiech na 1 m<sup>2</sup> na kształtowanie plonu owsa był od 8 – 10% większy aniżeli wpływ liczby ziarn w wiesze i średnio 2–3 krotnie większy niż wpływ masy 1000 ziarn, (tab. 4). Obniżenie ilości wysiewu o 25% owsa uprawianego z wsiewką w odniesieniu do owsa bez wsiewki, spowodowało zmniejszenie ilości wiech zaledwie od 11 do 14%. To nieproporcjonalne zmniejszenie ilości wiech według Mazurek i wsp. [9] mogło być wywołane tendencją do zwiększania wypadania roślin w okresie wegetacji na stanowiskach ze zwiększoną ilością wysiewu owsa. Zjawisko to mogło być związane z konkurencją o światło, składniki pokarmowe i wodę [11]. Biorąc pod uwagę wpływ nachylenia i zmiennych warunków glebowych na stoku na plonowanie owsa należy stwierdzić, iż w miarę zmniejszenia spadku i poprawy warunków glebowych począwszy od strefy górnej do dolnej, następował wzrost plonowania (tab. 2) oraz zwiększanie liczby wiech i ziarn w wiesze (tab. 3). Zjawisko to potwierdza wcześniejsze rezultaty doświadczeń wykonywanych na stoku w Czyrnej [8].

Zmniejszenie o 25% ilości wysiewu owsa jako rośliny ochronnej spowodował wzrost o 8–15% (1,8–3,4 kg/ha) wielkości zmywu powierzchniowego (tab. 5). Ten niewielki przyrost spłukiwania mógł być wywołany – jak podaje Peltonen-Sainio [10] – niepro-

Tabela 2

Plonowanie owsa (t/ha) w zależności od położenia na stoku i sposobu wysiewu.

Oats crop yield (t/ha) with regard to the location on a slope and to the sowing technique type.

| Sposób wysiewu<br>Sowing technique type                                                             | Strefa / Zone  |                    |                |                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|--------------------|----------------|-----------------|
|                                                                                                     | górna<br>upper | środkowa<br>middle | dolna<br>lower | Średnio<br>mean |
| A. Owies bez wsiewki / oats no supplementary sowing                                                 |                |                    |                |                 |
| Plon ziarna (t/ha) / grain yield crop                                                               | 3,57           | 3,79               | 3,72           | 3,69            |
| % białka ogólnego w s. m. / % of total protein in dry mass                                          | 13,1           | 13,5               | 13,6           | 13,4            |
| Plon białka (kg/ha) / protein yield                                                                 | 397,5          | 434,9              | 430,0          | 420,8           |
| B. Owies z wsiewką koniczyny czerwonej / oats with red clover only added                            |                |                    |                |                 |
| Plon ziarna (t/ha) / grain yield crop                                                               | 3,21           | 3,44               | 3,51           | 3,38            |
| % białka ogólnego w s. m. / % of total protein in dry mass                                          | 12,8           | 13,1               | 13,3           | 13,1            |
| Plon białka (kg/ha) / protein yield                                                                 | 349,2          | 383,0              | 396,8          | 376,3           |
| C. Owies z wsiewką mieszanki koniczyny czerwonej z tymotką / oats with red clover and timothy added |                |                    |                |                 |
| Plon ziarna (t/ha) / grain yield crop                                                               | 3,23           | 3,39               | 3,44           | 3,35            |
| % białka ogólnego / % of total protein in dry mass                                                  | 12,7           | 12,9               | 13,0           | 12,9            |
| Plon białka ogólnego (kg/ha)                                                                        | 348,7          | 371,7              | 380,1          | 366,8           |
| Średnio / mean                                                                                      |                |                    |                |                 |
| Plon ziarna (t/ha) / grain yield crop                                                               | 3,34           | 3,54               | 3,56           | 3,48            |
| % białka ogólnego / % of total protein in dry mass                                                  | 12,9           | 13,2               | 13,3           | 13,1            |
| Plon białka (kg/ha) / protein yield                                                                 | 365,1          | 396,5              | 402,3          | 388,0           |

NRI / LSD ( $p=0,05$ ).

Plon ziarna: dla stref 0,141; dla sposobów wysiewu 0,145.

Grain yield: for zones 0,141; for sowing technique types 0,145.

Plon białka: dla stref 15,91; dla sposobów wysiewu 19,12.

Protein yield: for zones 15,91; for sowing technique types 19,12.

porcjonalnie małym obniżaniem indeksu liściowego (LAI) owsa w stosunku do zmniejszania ilości wysiewu. Okoliczność ta mogła być również przyczyną niewielkiego zróżnicowania ilości zmywów powierzchniowych pomiędzy owsem bez wsiewki (2,1 kg/ha) a owsem z wsiewką koniczyny czerwonej (2,4 kg/ha) oraz mieszanki koniczyny z tymotką (2,5 kg/ha), stwierdzonego po silnej ulewie typu A4 [1] 22.08.1992 r, podczas której zanotowano 25 mm opadu o maksymalnym natężeniu 1,1 mm/min. W niewielkim stopniu na ograniczenie splukiwania na stanowisku owsa z wsiewką mogła wpłynąć rozwijająca się wsiewka koniczyny, której indeks liściowy (LAI)

w fazie dojrzałości pełnej rośliny ochronnej może osiągnąć zaledwie wartość 0,17, wobec 6,02 koniczyny wysiewanej bez rośliny ochronnej [14].

Jak wynika z wielu badań [2, 7] wielkość zwarcia pokrywy roślinnej, w której powierzchnia liści ma podstawowe znaczenie, odgrywa zasadniczą rolę przy osłabianiu bezpośredniego uderzenia kropel deszczu o glebę. Takie "bombardujące" [4] działanie kropel deszczu wywołuje rozbryzg, który ma decydujący wpływ na zwiększenie zmywu powierzchniowego gleby [3, 12].

Tabela 3

Struktura plonu owsa w zależności od położenia na stoku i sposobu wysiewu.

Oats crop structure with regard to the location on a slope and to the type of sowing technique.

| Elementy struktury plonu<br>Elements of the crop structure                                     | Strefa / Zone  |                    |                |                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|--------------------|----------------|-----------------|
|                                                                                                | górna<br>upper | środkowa<br>middle | dolna<br>lower | średnio<br>mean |
| A. Owies bez wsiewki / oats no supplementary sowing                                            |                |                    |                |                 |
| Liczba wiech na 1 m <sup>2</sup> / number of panicles per m <sup>2</sup>                       | 428,5          | 449,7              | 446,0          | 441,4           |
| Masa 1000 ziarn / mass of 1000 grains                                                          | 30,0           | 31,1               | 31,9           | 31,0            |
| Liczba ziarn w wieszce / number of grains in a panicle                                         | 34,8           | 36,2               | 35,8           | 35,6            |
| B. Owies z wsiewką koniczyny czerwonej / with red clover only added                            |                |                    |                |                 |
| Liczba wiech na 1 m <sup>2</sup> / number of panicles per m <sup>2</sup>                       | 364,7          | 396,7              | 421,3          | 394,3           |
| Masa 1000 ziarn / mass of 1000 grains                                                          | 32,1           | 32,5               | 31,6           | 32,4            |
| Liczba ziarn w wieszce / number of grain in a panicle                                          | 36,8           | 37,2               | 37,5           | 37,2            |
| C. Owies z wsiewką mieszanki koniczyny czerwonej z tymotką / with red clover and timothy added |                |                    |                |                 |
| Liczba wiech na 1 m <sup>2</sup> / number of panicles per m <sup>2</sup>                       | 378,3          | 381,7              | 389,7          | 383,3           |
| Masa 1000 ziarn / mass of 1000 grains                                                          | 30,8           | 31,4               | 31,8           | 31,3            |
| Liczba ziarn w wieszce / number of grain in a panicle                                          | 36,4           | 36,8               | 37,2           | 36,8            |
| Średnio / mean                                                                                 |                |                    |                |                 |
| Liczba wiech na 1 m <sup>2</sup> / number of panicles per m <sup>2</sup>                       | 390,5          | 409,4              | 419,0          | 406,3           |
| Masa 1000 ziarn / mass of 1000 grains                                                          | 30,9           | 31,7               | 31,8           | 31,5            |
| Liczba ziarn w wieszce / number of grain in a panicle                                          | 36,0           | 36,7               | 36,8           | 36,5            |

NRI / LSD (P= 0,05).

Dla liczby wiech; pomiędzy strefami 12,12; pomiędzy sposobami wysiewu 10,31.

For the number of panicles; between the zones 12,12; between the types of sowing 10,31.

Dla masy 1000 ziarn – różnice nieistotne.

For 1000 grains – negligible differences.

Dla liczby ziarn z wiechy: pomiędzy strefami 0,55; pomiędzy sposobami wysiewu 0,58.

For the number of grains from one panicle; between the zones 0,55; between the types of sowing 0,58.

Tabela 4

Indywidualny wpływ (%) komponentów struktury plonu owsa uprawianego z wsiewką i bez wsiewki.  
Individual impact (%) of components of the oats crop structure sown with added supplementary sowing and without it.

| Cecha / property                                                            | Sposób wysiewu / type of sowing technique |                                                      |                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
|                                                                             | Siew czysty<br>Pure sowing                | Z wsiewką koni-<br>czyną<br>With added red<br>clover | Z wsiewką konicz.<br>z tym.<br>With added red<br>clover and timothy |
| Liczba wiech na 1 m <sup>2</sup> / number of panicles (x <sub>1</sub> )     | 41,8                                      | 43,8                                                 | 45,7                                                                |
| Masa 1000 ziarn / mass of 1000 grains (x <sub>2</sub> )                     | 12,3                                      | 22,3                                                 | 16,4                                                                |
| Liczba ziarn w wieszce / number of grains in<br>a panicle (x <sub>3</sub> ) | 39,9                                      | 33,9                                                 | 37,9                                                                |

Równanie regresji, plon ziarna (y) / regression equation of grain yield (y);

siew czysty (bez wsiewki) / pure sowing (nothing added);

$$y = -1,8954 + 0,0117x_1 + 0,0142x_2 + 0,0008x_3;$$

z wsiewką koniczyną czerwoną / with added red clover;

$$y = -2,0048 + 0,0094x_1 - 0,0017x_2 + 0,0717x_3;$$

z wsiewką mieszanki koniczyną czerwoną z tymotką / with added mix of clover red and timothy;

$$y = -1,8923 + 0,0075x_1 + 0,0170x_2 + 0,0516x_3.$$

Tabela 5

Średnia ilość zmywu powierzchniowych (kg/ha) stwierdzonego w okresie od siewu do zbioru owsa z wsiewką i bez wsiewki w zależności od położenia na stoku.

Average amount of a surface washoff stated in the period from the sowing operation until the oats crop with additional supplement and without it, depending on the field location on the slope.

| Strefa / Zone     | Owies bez wsiewki /<br>No supplementary<br>sowing | Owies z wsiewką<br>koniczyną czerw. /<br>With red clover only<br>added | Owies z wsiewką<br>konicz. z tym. / With<br>red clover and ti-<br>mothy | Średnio /<br>Mean |
|-------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| Górna / upper     | 20,2                                              | 22,7                                                                   | 24,4                                                                    | 22,4              |
| Środkowa / middle | 15,0                                              | 16,2                                                                   | 17,9                                                                    | 16,3              |
| Dolna / lower     | 15,6                                              | 17,2                                                                   | 18,7                                                                    | 17,1              |
| Średnio / mean    | 16,9                                              | 18,7                                                                   | 20,3                                                                    | 18,6              |

NRI / LSD (p = 0,05);

dla stref 2,88; dla sposobu siewu 2,12;

for zones 2,88; for sowing technique types 2,12.

## Wnioski

W zasiewach owsa z wsiewką, przy zmniejszeniu ilości wysiewu o 150 ziarn na 1 m<sup>2</sup> oraz nawożenia azotowego o 30 kg/ha stwierdzono obniżenie plonowania owsa z wsiewką od 0,31 do 0,34 t/ha w porównaniu do plonu owsa na obiektach bez wsiewki.

Lepsze warunki glebowe w strefie dolnej spowodowały wzrost plonu ziarna owsa średnio o 0,22 t/ha, liczby ziarn w wiesze o 0,8 oraz liczby wiech o 28,5 szt/m<sup>2</sup> a ponadto wzrost zawartości białka w ziarnie o 0,4%.

Wpływ liczby wiech na jednostce powierzchni na kształtowanie plonu owsa był od 8 do 10% większy aniżeli liczby ziarn w wiesze i średnio 2-3 krotnie większy niż masy 1000 ziarn.

Wielkość zmywów powierzchniowych z poletek obsianych owsem z wsiewką koniczyny z tymotką była o 3,4 kg/ha (tj. o 15%) większa aniżeli z poletek z owsem bez wsiewki, co tłumaczyć należy niższą obsadą owsa i słabym rozwojem wsiewki.

Wzrost nachylenia stoku o 5% spowodował zwiększenie zmywów powierzchniowych o 6,1 kg/ha, to jest o 40%.

## LITERATURA

- [1] Chomicz K.: Ulewy i deszcze nawalne w Polsce. Wiad. Służby Hydrol., **3**, 1951, 5-88.
- [2] De Ploey J.: The ES erosional susceptibility models. Biul. de l, Association de Geographes Francais. **69/4**, 1992, 339-355.
- [3] Froehlich W., Stupik J.: Importance of splash in erosion process within a small flysch catchment basin. Studia Geomorph. Carpatho-Balcan., **14**, 1980, 77-112.
- [4] Gerlach T.: Bombardująca działalność kropel deszczu i jej znaczenie w przemieszczaniu gleby na stokach. Studia Geomorph. Carpatho-Balcan., **10**, 1976, 125-137.
- [5] Hellwig Z.: Elementy rachunku prawdopodobieństwa i statystyki matematycznej. PWN Warszawa, 1995.
- [6] Kaczorowska Z.: Opady w Polsce w przekroju wieloletnim. Prace Geogr. PAN, Instytut Geogr. Warszawa, **33**, 1962, 1-112.
- [7] Klima K.: Glebochronna wartość niektórych roślin uprawnych w zależności od ich faz rozwojowych i nachylenia stoku w warunkach opadu symulowanego. Acta Acad. Olstiensis (w druku). 1998.
- [8] Klima K., Stupnicka-Rodzinkiewicz E.: Wpływ sposobu nawożenia i położenia na stoku na produktywność zmianowań o różnej zdolności antyerozyjnej. Cz. 1. Plonowanie roślin uprawianych w zmianowaniach. Zesz. Nauk. AR w Krakowie. Sesja Nauk., **32**, 1992, 155-168.
- [9] Mazurek J., Mazurek J., Maj L., Wilczyńska-Kostrzewa W.: Zależność między strukturą plonu a produktywnością zbóż jarych. Pam. Puł., **72**, 1980, 77-90.
- [10] Peltonen-Sainio P.: Groat yield and plant stand structure of naked and hulled oat under different nitrogen fertilizer and seeding rates. Agronomy Journ. (USA), **89/1**, 1996, 140-147.
- [11] Ścigalska B.: Plonowanie owsa w zależności od gęstości siewu w warunkach Beskidu Niskiego. Zesz. Nauk. AR w Krakowie. Sesja Nauk., **48**, 1997, 157-166.

- [12] Śmietana M.: Zróżnicowanie rozbryzgu gleby na użytkowanych rolniczo stokach fliszowych. *Studia Geomorph. Carpatho-Balcan.*, **21**, 1987, 161-182,
- [13] Urząd Wojewódzki w Nowym Sączu, Wydział Rolnictwa i Gosp. Żywn. 1994.
- [14] Zając T.: Wpływ doboru i agrotechniki roślin ochronnych na wzrost i plonowanie wsiewanej koni-czyny czerwonej w różnych warunkach siedliska. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie, Ser. Rozprawy*, **182**, 1993, 98.
- [15] Ziółek E., Pryga M., Szafrński W.: Wpływ warunków siedliskowych i poziomu nawożenia azoto-wego na plonowanie wybranych odmian i rodów owsa. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie, Sesja Nauk.*, **32**, 1992, 339-356.

#### **CROPPING AND SOIL PROTECTION PROPERTIES OF OATS CULTIVATED AS PROTECTION PROPERTIES PURE SOWING AND AS A PROTECTIVE PLANT**

##### **S u m m a r y**

In this paper, it is presented the impact of varying amounts of sown oats' seeds cultivated with and without supplementary crops, as well as of the oats' field location on a slope on the productivity and soils protecting features of oats. It was stated that water erosion occurring on oats' site with supplementary crops caused lower rates of crop yield (0.31–0.34 t/ha) and 11–21% higher soil losses. The slope grade increased by 5% resulted in lower crop yielding by 0.21 t/ha and in 40% higher soil losses. ☒