

Másodvetésű zöldtrágyanövények biomassza tömegének és tápanyagtartalmának vizsgálata kedvezőtlen adottságú termőhelyen

MIKÓ PÉTER–KOVÁCS GERGŐ PÉTER–NAGY LÁSZLÓ–GYURICZA CSABA
Szent István Egyetem, Növénytermesztési Intézet, Gödöllő

Összefoglalás

A Szent István Egyetem Növénytermesztési és Biomassza-hasznosítási Bemutató Központjában Gödöllőn kedvezőtlen termőhelyi körülmények között rozsdabarna erdőtalajon 2007–2009 években három másodvetésű zöldtrágyanövény (facélia, mustár, olajretek) fejlődését, illetve beltartalmi paramétereinek alakulását vizsgáltuk két tápanyagdózis (0 kg/ha N, 50 kg/ha N) függvényében.

A kis mennyiségű 50 kg/ha nitrogén hatóanyag mindhárom növénynél többszörösére növelte a biomasszát – három év átlagában facéliánál 3,11-szeresére, mustárnál 3,09-szeresére, olajreteknel 2,78-szeresére. A szárazanyag növekedése valamivel elmaradt a zöldtömeg-növekedés mértéke mögött, mert nitrogén kiegészítés hatására a zöldtrágyanövények víztartalma is növekedett. Egy kilogramm nitrogén hatóanyag facéliánál három év átlagában hektáronként 455,9 kg-mal növelte a zöldtömeget és 31,8 kg-mal a száraztömeget. Mustárnál a zöldtömeg-növekedés 377,9 kg, a száraztömeg-növekedés 43,5 kg volt. Olajreteknel a zöldtömeg 342,9 kg-mal a száraztömeg 26,6 kg-mal nőtt. Nitrogén-kiegészítés nélkül azonban adott gyenge adottságú termőhelyen nem minden esetben volt elérhető az elégséges biomassza.

A hektáronként felvett NPK mennyisége szintén nőtt a nitrogén hatására – 2008–2009 átlagában facéliánál 3,32/2,89/2,63-szeresére, mustárnál 3,73/2,63/2,94-szeresére, olajreteknel pedig 3,54/2,62/2,51-szeresére. Egy kilogramm nitrogén hatóanyag a 2008–2009 évek átlagában facéliánál további 1,4 kg, mustárnál 3,0 kg, olajreteknel 2,1 kg nitrogén felvételét tette lehetővé. A nitrogén hatóanyag jelentősen elősegítette a foszfor és a kálium felvételét is. A nitrogén a P_2O_5 felvehetőségét kg-onként facéliánál 0,4 kg-mal,

mustárnál és olajreteknel egyaránt 0,6 kg-mal növelte. A plusz nitrogén hatóanyag elősegítette a K_2O felvehetőségét, hatóanyag kg-onként facéliánál 1,7 kg-mal, mustárnál 2,6 kg-mal, olajreteknel 1,8 kg-mal.

A kapott eredmények alapján adott termőhelyen másodvetésű zöldtrágyázásnál lehetőség szerint minden esetben, de a kalászosok szalmájának helyben hagyásakor feltétlenül javasolandó a nitrogén kijuttatás.

Kulcsszavak: zöldtrágyázás, zöldtrágyanövények, facélia, mustár, olajretek

Examination of the biomass and nutrient content of green manure crops as second crops under unfavorable field conditions

P. MIKÓ-G. P. KOVÁCS-L. NAGY-CS. GYURICZA

Institute of Crop Production, Szent István University, Gödöllő

Summary

The development and chemical composition of three green manure species (phacelia, mustard, oil radish) produced in a double cropping system were examined at the pilot farm of Szent István University in Gödöllő on brown forest soil (luvic calcic phaeozem) in 2007–2009. Two nutrient doses ($0 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$, $50 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$) were applied in the experiment.

The major characteristics of the experimental site are as follows; the average annual temperature is $9.4 \text{ }^\circ\text{C}$, the average annual precipitation is 590 mm. The average precipitation is 150 mm in the most crucial months of August through October. In 2007 and 2008, the amount of precipitation was ordinary with respect to secondary crops with 169.4 mm and 130.8 mm of rainfall in August–October. However, 2009 was dry, only 32.0 mm of rainfall was measured during the growing season of green manure crops. The crop year effect was strong, especially on fields without fertilisation.

A small amount of 50 kg ha^{-1} nitrogen active ingredient resulted in the increment of biomass of all three crop species. Yield figures were as follows: 311% for phacelia, 309% for mustard, and 278% for oil radish in the average of three years. The dry matter content of green manure crops was shown to be less than that of green mass, due to the increase of water content as a result of nitrogen application. The green mass of phacelia was increased by 455.9 kg and dry matter increased by 31.8 kg as a result of

one kilogram of nitrogen active substance in the average of three years. The green mass of mustard increased by 377.9 kg and the amount of dry matter increased by 43.5 kg. The green mass of oil radish increased by 342.9 kg and the dry matter content increased by 26.6 kg. However, without the application of nitrogen, a sufficient amount of biomass was not always achieved on the control plots.

The amount of NPK of plant tissues also increased as a result of nitrogen application, 3.32/2.89/2.63 times in phacelia, 3.73/2.63/2.94 times in mustard and 3.54/2.62/2.51 times in oil radish in the average of 2008–2009, respectively. The amount of plant tissue nitrogen increased with each extra 1 kilogram of nitrogen active ingredient by 1.4 kg in phacelia, 3.0 kg in mustard and 2.1 kg in oil radish in the average of 2008–2009. Plant tissue phosphorus and potassium contents were also affected by N fertilisation. P₂O₅ increased by 0.4 kg per kg in phacelia and 0.6 kg per kg in both mustard and oil radish. K₂O contents were as follows: 1.7 kg per kg in phacelia, 2.6 kg per kg in mustard and 1.8 kg per kg in oil radish.

According to our studies, all three plant species were shown to be suitable for green manure use in terms of soil protection and organic matter improvement. However, considering biomass per hectare and chemical composition values, mustard and oil radish (family Brassicaceae) were shown to be more favourable than phacelia. Based on the obtained results, nitrogen applications are suggested to be done in certain production areas in the case of green manure crops, especially where the straw residues of cereals remain on the stubble.

Key words: green manure, green manure crops, phacelia, mustard, oil radish

Исследования содержания питательного вещества и веса биомассы сидеральных растений пожнивного посева в неблагоприятном месте выращивания

П. МИКО–Г. П. КОВАЧ–Л. НАДЬ–Ч. ДЬЮРИЦА

Университет им.Святого Иштвана, Институт Растениеводства, Гёдёллэ

Резюме

В Демонстрационном Центре Растениеводства и Использования Биомассы Университета им.Святого Иштвана в Гёдёллэ в неблагоприятных обстоятельствах места

выращивания на ржавобурой лесной почве в 2007–2009 годах исследовали развитие трех сидеральных растений пожнивного посева (фацелия, горчица, масляная редька), точнее формирование параметров их внутреннего содержания в зависимости от двух доз питательного вещества (0 kg/ha N, 50 kg/ha N).

Небольшое количество 50 kg/ha азота действующего вещества у всех трёх растений многократно увеличило биомассу – за три года в среднем у фацелии в 3,11 раза, у горчицы в 3,09 раза, у масляной редьки в 2,78 раза. Рост сухого вещества несколько отстал от роста зелёной массы, так как под влиянием дополнения азота содержание влаги сидеральных растений также выросло. Один килограмм действующего вещества азота у фацелии в среднем за три года по-гектарно увеличил на 455,9 kg зелёную массу и на 31,8 kg сухую массу. У горчицы увеличение зелёной массы было 377,9 kg, а рост массы сухого вещества был 43,5 kg. У масляной редьки зелёная масса выросла на 342,9 kg, а сухая масса на 26,6 kg. Однако без добавки азота на данном слабом месте выращивания не во всех случаях можно было достичь удовлетворительной биомассы.

Количество принятого по-гектарно количества NPK также выросло под влиянием азота – в среднем в 2008–2009 годы у фацелии в 3,32/2,89/2,63 раза, у горчицы в 3,73/2,63/2,94 раза, а у масляной редьки в 3,54/2,62/2,51 раза. Один килограмм азотного действующего вещества в среднем в 2008–2009 годы позволил принять больше азота у фацелии на 1,4 kg, у горчицы на 3,0 kg, у масляной редьки на 2,1 kg. Азотное действующее вещество также способствовала значительному приёму фосфора и калия. Азот увеличил возможное принятие P_2O_5 по-килограмму у фацелии на 0,4 kg, у горчицы и масляной редьки одинаково на 0,6 kg. Дополнительное азотное действующее вещество способствовало приёму K_2O , действующее вещество по-килограмму у фацелии на 1,7 kg, у горчицы на 2,6 kg, у масляной редьки на 1,8 kg.

На основании полученных результатов в данном месте выращивания при сидерации пожнивного посева по-возможности в каждом случае, но при оставлении соломы колосковых на месте обязательно предлагается внесение азота.

Ключевые слова: сидерация, сидеральные растения, фацелия, горчица, масляная редька

Bevezetés és irodalmi áttekintés

Talajaink hosszú ideje nem jutnak elegendő mennyiségű szerves trágyához. A szervesanyag-hiány hosszú távon a talajszerkezet romlásához, termékenysé-

gének csökkenéséhez vezet. Fenntartható növénytermesztés azonban csak megkímélt szerkezetű és jó tápanyag-ellátottságú talajon valósítható meg. Ebben az esetben mérsékelhető a mind gyakoribb időjárási szélsőségek okozta termésingadozások, biztosítható a nemzetgazdaság számára szükséges élelmiszer, takarmány és ipari alapanyag (*Birkás 2001, Késmárki és Petróczki 2005*).

Az állatállomány alacsony létszáma miatt a közeljövőben nem várható, hogy nagyobb mennyiségű istállótrágya álljon rendelkezésre. A műtrágya-felhasználás mértéke is elmarad a szükségestől.

Az épülő biomassza erőművek egy része alapanyag-ellátásukat búzaszalma és kukoricaszár felhasználásával kívánják biztosítani, tovább csökkentve a táblán maradó szerves anyagok és tápelemek mennyiségét (*Birkás 2008*).

A felsorolt okok miatt szükséges a szervesanyag-tartalom növelésének más eszközeit is alkalmazni. Erre nyújt lehetőséget a zöldtrágyázás. Zöldtrágya növénynek a még el nem halt, zöld, lédús, cukorban, keményítőben, fehérjében és nitrogénben gazdag növényeket tekintjük, amelyeket trágyázási céllal fejlődésük vegetatív szakaszában a talajba dolgozunk (*Gyárfás 1916, 1929, 1953, Kahnt 1986, Kismányoky 2005, Surányi 1951, 1952, Tóth 2006, Westsik 1932*).

Hazánkban sajnos nem használjuk ki a zöldtrágyázásban rejlő lehetőségeket. Az Agrárgazdasági Kutatóintézet adatai szerint (*AKI 2009*) 2009-ben a korán lekerülő elővetemények után rendelkezésre álló vetésterület alig 1 százalékan (16 315 ha) vetettek zöldtrágyanövényeket, pedig a potenciális terület több mint 1,5 millió hektár. Mivel az AKG integrált szántóföldi célprogramjában előírás az öt évenként legalább egyszeri zöldtrágyázás, a környezettudatos szemlélet előtérbe kerülésével, illetve az ellenőrzés szigorításával várható a vetésterület növekedése.

Jóllehet a zöldtrágyázásnak vannak hagyományai Magyarországon, és korábban számos hazai kutató foglalkozott ezzel a témával, az elmúlt évtizedekben csak elvétve jelentek meg hazai tudományos közlemények. Mivel a korábbi hazai kísérleti eredmények főként a nyírségi és Duna-Tisza közti homoktalajokra vonatkoznak, a külföldi megfigyelések pedig nem minden esetben adaptálhatók a hazai viszonyokra, szükséges a zöldtrágyázás lehetőségeinek szélesebb, több talajtípusra és térségre kiterjedő vizsgálata, a klímaváltozásból adódó hatások figyelembevételével.

Ha a zöldtrágyanövények hatását kívánjuk elbírálni, számos tényezőt kell figyelembe venni. Ugyanazon növényfajnál egy adott paramétert vizsgálva is

különböző – gyakran egymásnak ellentmondó – eredményeket kaphatunk. Az esetenkénti túl nagy zöldtrágya biomassza is okozhat gondot a jelentős vízfelhasználása miatt (Ajtay 1957).

Szakirodalmi források szerint a másodvetésű zöldtrágyázás nem mindig eredményes – Westsik (1923, 1927, 1932) tapasztalatai szerint 21 év tarlóvetéseiből 8 év sikerült jól, 4 év mérsékelt eredményeket hozott, 9 év pedig nem járt sikerrel – helyes agrotechnikával a kockázat minimalizálható.

Kahnt (1986) a zöldtrágyanövénynek utóveteményre gyakorolt hatásának elemzésekor 14 tényezőt határozott meg. A számos tényező miatt a zöldtrágyázás eredményességének értékelése csak az adott termőhelyi paraméterek pontos ismeretében lehetséges.

Az irodalmi források eltérően ítélik meg a zöldtrágyázás, az istállótrágyázás és a műtrágyázás kapcsolatát, megfelelő helyen és módon alkalmazva a zöldtrágyázás jelentős terméstudbbltet biztosíthat, amely esetenkénti istálló- és műtrágyázással, illetve a három trágyázásmód együttes alkalmazásával tovább fokozható (Kátai 1992, 1999, Müller 1991).

A jó zöldtrágyanövény legfontosabb tulajdonságai közé tartozik a gyors fejlődés, a nagy biomassza és az olcsón beszerezhető vetőmag. Kutatásunk célja az volt, hogy a fenti tulajdonságok mindegyikével rendelkező három zöldtrágyanövényt vizsgáljunk adott kedvezőtlen termőhelyi körülmények között. Választ kerestünk arra is, hogy nitrogén kiegészítés nélkül, a várhatóan jelentkező pentozán hatás ismeretében megvalósítható-e a sikeres zöldtrágyázás, vagy elengedhetetlen a nitrogén kiegészítés. Vizsgáltuk továbbá, hogy a kijuttatott N hatóanyag fajlagosan milyen mértékben növeli a zöld- és száraztömeget, valamint a hektáronként felvett NPK mennyiségét.

Anyag és módszer

A kísérleteket a Szent István Egyetem Növénytermesztési és Biomassza-hasznosítási Bemutató Központjában Gödöllőn (É. Sz. 47° 34' 43"; K. H. 19° 22' 39"; tengerszint feletti magasság: 229 m) állítottuk be. A kísérleti terület enyhén ÉNy-i lejtésű domboság. A terület heterogén, ezért egyes részein az erózió és a szedimentáció különböző mértékben fordul elő. Az éves középhőmérséklet 9,4 °C, az éves csapadékmennyiség 590 mm. A másodvetés szempontjából kiemelten fontos augusztus-október hónapokban az átlagcsapadék 150 mm.

2007-ben és 2008-ban a másodvetés szempontjából átlagos évjárat volt 169,4 mm, illetve 130,8 mm augusztus-októberi csapadékmennyiséggel. 2009. év viszont száraz volt, a másodvetésű zöldtrágyanövények tenyészideje alatt mindössze 32,0 mm csapadékot mértünk.

A terület a Gödöllői-dombság kistájon helyezkedik el. A dombvidéket sakk-táblaszerűen összetöredezett és különböző mértékben kiemelkedett domb-sági kipreparált karbonátos felszínek jellemzik. Gödöllő környékén felső pannóniai homokos-agyagra, illetve folyóvízi üledékekre települt felszín borító lösz, homok és lejtőagyag közt néhol felszínre bukkan a felső pannóniai édesvízi mészkő és márga. A pleisztocénben a terület kiemelkedett és kialakult egy erősen tagolt, néhol meredek lejtőkkel jellemzett dombvidék, ahol a talajerózió és defláció következtében jelentős áthalmazódások mentek végbe. A kísérleti tábla talaja a magyarországi genetikus talajosztályozás alapján főként homokon kialakult rozsdabarna erdőtalaj (luvic calcic phaeozem). A harmadkori homok és márga alapkőzetén kialakult rozsdabarna erdőtalaj altípus a Ramann-féle barna erdőtalaj talajtípusba tartozik. A degradációs folyamatok következtében közepes termőrégű, gyengén humuszos változat alakult ki (Fülek 1999, Máté 2005, Stefanovits 1999a, 1999b). A terület eróziótól veszélyeztetett, tömörödéssre érzékeny.

A talajképző tényezők közül a humuszosodás és a kilúgzás az uralkodó folyamatok. Az agyagosodás, mint jellemző folyamat jelentkezik, az agyagvándorlás, a kovárványképződés és a savanyodás kísérő folyamat lehet. A humuszos „A” szint vastagsága kb. 40 cm, színe barna, szerkezete morzsás, kémhatása gyengén savanyú, semleges vagy gyengén lúgos. A Ramann-féle barnaföldek vízgazdálkodása általában kedvező, vízáteresztő képességük jó, víztartó képességük közepes, s többnyire a növények számára elegendő hasznosítható vízkészlettel rendelkeznek. A homokon kialakult rozsdabarna erdőtalajok vízgazdálkodási tulajdonságai elmaradnak a barnaföldek kedvező tulajdonságaitól. Termékenységük az alacsonyabb humusztartalom és tápanyag-ellátottság miatt kisebb (Fülek 1999, Máté 2005, Stefanovits 1999a, 1999b).

A kísérleti terület fontosabb talajparamétereit a 1-2. táblázatok tartalmazza. A MÉM-NAK rendszer szerint a talaj N ellátottsága gyenge, P₂O₅ ellátottsága igen jó, K₂O ellátottsága jó.

A másodvetésű zöldtrágyázási kísérleteket 2007-2009-ben végeztük. A kísérletek előveteménye őszi búza volt, melynek tarlóján közvetlenül a betakarítás után tarlóhántást végeztünk.

1. táblázat. *A kísérleti helyszín talajszelvényének leírása*

Ap szint (0–25 cm) (1)	Barna (10YR 3/3), friss, laza, gyengén szerkezetes, apró morzsás szerkezetű, gyökerekkel sűrűn átszőtt, homok. Gilisztajáratokban gazdag. Mészet nem tartalmaz. Átmenete a következő szintbe éles, egyenes. (6)
A ₂ szint (25–40 cm) (2)	Barna (10YR 3/3), nyirkos, enyhén tömött, gyengén szerkezetes, apró morzsás szerkezetű, gyökerekkel átszőtt, homok. Gilisztajáratok vannak. Mészet nem tartalmaz. Átmenete a felhalmozódási szintbe fokozatos, hullámos. (7)
B szint (40–60 cm) (3)	Vöröses barna (2,5YR 3/6), nyirkos, tömődött, szemcsés szerkezetű, gyökerekkel kevésbé átszőtt, vályog. Az átmenet a következő szintbe fokozatos, hullámos. (8)
BC szint (60–70 cm) (4)	Kevert szín (10YR 3/3 és 10YR 7/4), friss, enyhén tömődött, szerkezet nélküli agyag. Átmenet a következő szintbe fokozatos, zsákos. (9)
C szint (70–100 cm) (5)	Világos sárgásbarna (10YR 7/4), száraz, erősen tömődött, szerkezet nélküli, iszapos agyag. (10)

Table 1. Soil profile of the experimental site. (1) Ap level (0–25 cm), (2) A₂ level (25–40 cm), (3) B level (40–60 cm), (4) BC level (60–70 cm), (5) C level (70–100 cm), (6) Brown (10YR 3/3), fresh, loose sand, weak structure with small bits, densely interlaced by roots. Rich in worm tracks. Contains no lime. Sharp and straight transition into the next level, (7) Brown (10YR 3/3), damp, slightly compacted sand weak structure with small bits, interlaced by roots. Worm tracks are present. No lime. Gradual and wavy transition into the accumulation level, (8) Reddish brown (2.5 YR 3/6), damp, compacted adobe, grain structure, less interlaced by roots. Gradual, wavy transition into the next level, (9) Mixed colour (10YR 3/3 and 10YR 7/4), fresh, slightly compacted loam with no structure. Gradual transition into the next level, (10) Light yellowish brown (10YR 7/4), dry, strongly compacted silty loam with no structure.

A növények vetésére mindhárom évben közvetlenül a tarlóápolás után augusztus 15-én került sor. A kísérletekben a három növényt (facélia, mustár, olajretek), illetve a két tápanyagdózist (0 kg/ha N, 50 kg/ha N) három ismétlésben sávosan állítottuk be. Ammónium-nitrát műtrágyát juttattunk ki, amelynek bedolgozása a tarlóápolás során történt. A zöldtrágyanövények vetése a szakirodalomban meghatározott vetőmagnormák szerint (Antal 2000) valósult meg (3. táblázat). A biomassza méréseket, illetve a beltartalmi vizsgálatokhoz a mintagyűjtést a növényállomány elfagyása előtt november elején végeztük el.

2. táblázat. A kísérlet fontosabb talajtani adatai

Genetikus talajszintek (1)	pH (H ₂ O) (2)	K _A (3)	Humusz (%) (4)	CaCO ₃ (%) (5)
A (0–40 cm)	6,76	30	1,32	0,00
B (40–60 cm)	7,08	40	1,04	0,00
BC (60–70 cm)	7,66	61	0,88	0,00
C (70–100 cm)	8,10	60	0,54	5,57
Genetikus talajszintek (1)	Σ só (%) (6)	Összes N mg/kg (7)	AL-P ₂ O ₅ mg/kg (8)	AL-K ₂ O mg/kg (9)
A (0–40 cm)	0,044	16,8	371,1	184,0
B (40–60 cm)	0,052	11,9	33,0	112,0
BC (60–70 cm)	0,060	2,0	123,0	127,1
C (70–100 cm)	0,075	16,8	107,5	110,8

Table 2. Important pedological data of experiment. (1) Genetic soil level, (2) pH, (3) Arany-type plasticity index, (4) Humus (%), (5) CaCO₃ (%), (6) Total salt (%), (7) Total N (mg kg⁻¹), (8) AL-P₂O₅ (mg kg⁻¹), (9) AL-K₂O (mg kg⁻¹).

A biomassza méréseket, illetve a beltartalmi vizsgálatokhoz a mintagyűjtést a növényállomány elfagyása előtt november elején végeztük el.

Az NPK meghatározását 1 g finomra őrölt abszolút száraz mintából tömény kénsavas feltárással, és 30%-os hidrogénperoxidos hevítéses roncsolással végeztük. Roncsolás után a 100 cm³-re hígított mintákból határoztuk meg a N, P és a K tartalmat. A nitrogéntartalom mérésére a Parnass-Wagner vízgőzdesztilláló készüléket használtuk.

A foszfor mérésénél a vanadát-molibdát eljárást alkalmaztuk. A sárga színű oldat extinkciójának méréséhez spektrofotométert (Spekol 221) használtunk.

A kálium meghatározása a foszfor meghatározásnál ismertett oldatokból és hígítási sor segítségével lángfotométerrel (Jenway PFP 7) történt.

A statisztikai értékelést az Excell program segítségével végeztük. Statisztikai értékelésre egy- és kéttényezős varianciaanalízist használtunk.

3. táblázat. *A zöldtrágyanövények vetőmagszükséglete*
(Antal 2000)

Növény (1)	Csíraszám (db/ha) (2)	Vetőmagszükséglet (kg/ha) (3)
Facélia (4)	5 000 000	10
Mustár (5)	2 000 000	15
Olajretek (6)	2 500 000	25

Table 3. Sowing seed requirement of green manure plants. (1) Plants, (2) Germ number (no ha⁻¹), (3) Seeds requirement (kg ha⁻¹), (4) Phacelia, (5) Mustard, (6) Oil radish.

Eredmények és értékelésük

A zöldtrágyanövények biomasszájára a csapadékmennyiség jelentős hatással bírt (4. táblázat). Különösen a műtrágyában nem részesült parcellákon volt kiemelkedő az évjáráthatás.

4. táblázat. *A zöldtrágyanövények zöldtömege (t/ha)*
(Gödöllő, 2007–2009)

Kezelések (1)	2007	2008	2009	Átlag (8)	SZD _{5%} (9)
műtrágya nélkül (5)	18,4	9,7	4,8	11,0	
műtrágyázott (50 kg/Nha) (6)	35,2	38,5	16,7	30,2	
termésnövekedés (%) (7)	191%	395%	345%	311%	2,2
SZD _{5%} (9)			2,9		
műtrágya nélkül (5)	12,9	7,3	16,6	12,3	
műtrágyázott (50 kg/Nha) (6)	26,3	31,7	48,2	35,4	
termésnövekedés (%) (7)	204%	433%	291%	309%	1,2
SZD _{5%} (9)			3,8		
műtrágya nélkül (5)	13,9	9,8	10,3	11,3	
műtrágyázott (50 kg/Nha) (6)	30,4	27,6	34,4	30,8	
termésnövekedés (%) (7)	219%	282%	333%	278%	1,9
SZD _{5%} (9)			3,4		

Table 4. The green mass of green manure crops (t ha⁻¹) (Gödöllő, 2007–2009). (1) Treatments, (2) Phacelia, (3) Mustard, (4) Oil radish, (5) No fertilization, (6) With 50 kg N ha⁻¹ fertilizer, (7) Change in biomass, (8) Average, (9) LSD_{5%}.

A műtrágyában nem részesült facélia 2009-ben csak 4,8 t/ha zöldtömeget ért el, ezzel szemben a csapadékos 2007. évben 18,4 t/ha-t. Facéliánál 2008-ban és 2009-ben N kiegészítés nélkül nem volt elérhető a minimálisan elvárt 10 t/ha zöldtömeg (Késmárki és Petróczki 2003). A N fejtrágyázás hatására a zöldtömeg 1,91–3,95-szeresére nőtt, három év átlagában 3,11-szeres volt a növekedés. A 2009. évi aszályt a facélia rosszul viselte, ugyanakkor a N kiegészítés jelentősen növelte a növény stressztűrő-képességét és javította vízfelhasználását, így 16,7 t/ha zöldtömeget produkált.

Mustárnál N nélkül csak 2008-ban volt 10 t/ha alatt a zöldtömeg – 7,3 t/ha – az 50 kg/ha N hatóanyag ennél a növénynél 31,7 t/ha-ra növelte a biomasszát. Három év átlagában a zöldtömeg-növekedés 3,09-szeres volt, így átlagosan 35,4 t/ha zöldtömeget ért el.

Olajreteknel kiegyenlített termésszinteket tapasztaltunk, az évjáratnak ennél a növénynél kisebb hatása volt. Műtrágya nélkül 9,8–13,9 t/ha, műtrágyával 27,6–34,4 t/ha volt a zöldtömeg. A kis dóziszú N hatóanyag 2,19–3,33-szeresére növelte a zöldtömeget.

A hektáronkénti abszolút száraztömegnél a zöldtömegnél leírt tendenciák ismétlődtek, azonban N műtrágyázás hatására a szárazanyag növekedése facéliánál 94%-kal, mustárnál 43%-kal, olajreteknel 118 százalékkal elmaradt a zöldtömeg-növekedés mértéke mögött (5. táblázat). Ennek magyarázata, hogy a N kiegészítés hatására a zöldtrágyanövények víztartalma is nőtt.

A hektáronkénti nitrogén tartalmat 2008–2009-ben határoztuk meg (6. táblázat). Facéliánál a két év átlagában 3,32-szeresére nőtt a hektáronkénti N tartalom 30,9 kg/ha értékről 102,1 kg/ha értékre. Az 50 kg/ha N műtrágya további 71,2 kg/ha nitrogén felvételét tette lehetővé.

Mustárnál két év átlagában 3,73-szeres volt a felvett hektáronkénti nitrogén-növekedés. Az 50 kg N műtrágya további 151,6 kg nitrogén hatóanyag hasznosulását biztosította.

Olajreteknel két év átlagában 3,54-szeres volt a felvett hatóanyag növekedése, azaz 50 kg N hatóanyag további 105,2 kg nitrogén felvételét tette lehetővé.

A hektáronkénti P_2O_5 tartalmat a 7. táblázat tartalmazza. Facéliánál a két év átlagában 2,89-szeresére, mustárnál 2,63-szeresére, olajreteknel 2,62-szeresére nőtt a P_2O_5 tartalom. A N műtrágyázás két év átlagában a facéliánál 22,1 kg, a mustárnál 29,3 kg, az olajreteknel 28,4 kg plusz P_2O_5 felvételét tette lehetővé. A Liebig-féle minimumtörvénnyel magyarázható a hektáronként felvett P_2O_5 növekedése.

5. táblázat. A zöldtrágyanövények száraztömege (t/ha)
(Gödöllő, 2007–2009)

	Kezelések (1)	2007	2008	2009	Átlag (8)	SZD _{5%} (9)
Facélia (2)	műtrágya nélkül (5)	3,2	1,3	0,9	1,8	0,2
	műtrágyázott (50 kg/Nha) (6)	4,5	3,2	2,3	3,3	
	termésnövekedés (%) (7)	141%	242%	267%	217%	
	SZD _{5%} (9)	0,3				
Mustár (3)	műtrágya nélkül (5)	3,0	1,1	2,1	2,1	0,3
	műtrágyázott (50 kg/Nha) (6)	4,9	3,6	6,7	5,1	
	termésnövekedés (%) (7)	165%	310%	323%	266%	
	SZD _{5%} (9)	0,6				
Olajretek (4)	műtrágya nélkül (5)	2,8	1,3	1,6	1,9	0,3
	műtrágyázott (50 kg/Nha) (6)	4,0	2,8	4,8	3,9	
	termésnövekedés (%) (7)	141%	212%	293%	215%	
	SZD _{5%} (9)	0,4				

Table 5. The dry mass of green manure crops (t ha⁻¹) (Gödöllő, 2007–2009). (1) Treatments, (2) Phacelia, (3) Mustard, (4) Oil radish, (5) No fertilization, (6) With 50 kg N ha⁻¹ fertilizer, (7) Change in biomass, (8) Average, (9) LSD_{5%}.

6. táblázat. A zöldtrágyanövények N tartalma (kg/ha)
(Gödöllő, 2008–2009)

	Kezelések (1)	2008	2009	Átlag (8)	SZD _{5%} (9)
Facélia (2)	műtrágya nélkül (5)	30,1	31,7	30,9	16,4
	műtrágyázott (50 kg/Nha) (6)	118,2	86,1	102,1	
	tápanyagtartalom-növekedés (%) (7)	393%	271%	332%	
	SZD _{5%} (9)	13,0			
Mustár (3)	műtrágya nélkül (5)	33,6	85,2	59,4	43,7
	műtrágyázott (50 kg/Nha) (6)	138,8	283,2	211,0	
	tápanyagtartalom-növekedés (%) (7)	413%	333%	373%	
	SZD _{5%} (9)	25,4			
Olajretek (4)	műtrágya nélkül (5)	31,1	57,4	44,3	26,4
	műtrágyázott (50 kg/Nha) (6)	127,0	172,0	149,5	
	tápanyagtartalom-növekedés (%) (7)	409%	299%	354%	
	SZD _{5%} (9)	17,5			

Table 6. Effect of different nutrient levels on the uptake of N amount of green manure plants (kg ha⁻¹) (Gödöllő, 2008–2009). (1) Treatments, (2) Phacelia, (3) Mustard, (4) Oil radish, (5) No fertilization, (6) With 50 kg N ha⁻¹ fertilizer, (7) Change in nutrient content, (8) Average, (9) LSD_{5%}.

7. táblázat. A zöldtrágyanövények P_2O_5 tartalma (kg/ha) (Gödöllő, 2008–2009)

	Kezelések (1)	2008	2009	Átlag (8)	SZD _{5%} (9)
Facélia (2)	műtrágya nélkül (5)	13,9	8,7	11,3	5,5
	műtrágyázott (50 kg/Nha) (6)	43,5	23,2	33,4	
	tápanyagtartalom-növekedés (%) (7)	313%	265%	289%	
	SZD _{5%} (9)	6,2			
Mustár (3)	műtrágya nélkül (5)	12,7	22,7	17,7	11,8
	műtrágyázott (50 kg/Nha) (6)	32,3	61,8	47,0	
	tápanyagtartalom-növekedés (%) (7)	254%	272%	263%	
	SZD _{5%} (9)	10,6			
Olajretek (4)	műtrágya nélkül (5)	18,3	17,3	17,8	9,6
	műtrágyázott (50 kg/Nha) (6)	34,1	58,4	46,2	
	tápanyagtartalom-növekedés (%) (7)	186%	338%	262%	
	SZD _{5%} (9)	9,1			

Table 7. Effect of different nutrient levels on the uptake of P_2O_5 amount of green manure plants (kg ha⁻¹) (Gödöllő, 2008–2009). (1) Treatments, (2) Phacelia, (3) Mustard, (4) Oil radish, (5) No fertilization, (6) With 50 kg N ha⁻¹ fertilizer, (7) Change in nutrient content, (8) Average, (9) LSD_{5%}.

A hektáronkénti K_2O tartalmat a 8. táblázat tartalmazza. Facéliánál a két év átlagában 2,63-szeresére, mustárnál 2,94-szeresére, olajreteknel 2,51-szeresére nőtt a K_2O tartalom. A N műtrágyázás két év átlagában a facéliánál 84,1 kg, a mustárnál 128,8 kg, az olajreteknel 91,2 kg plusz K_2O felvételét tette lehetővé.

Az egységnyi (1 kg) nitrogén hatóanyag hatására bekövetkező biomassza növekedés és az évjáráthatás között nem minden esetben volt kimutatható szignifikáns különbség (9. táblázat). Ugyanakkor az egységnyi nitrogén biomassza növelő hatása jelentős volt. Egy kg nitrogén hatóanyag facéliánál három év átlagában 455,9 kg-mal növelte a zöldtömeget és 31,8 kg a száraztömeget. Mustárnál a zöldtömeg-növekedés 377,9 kg, a száraztömeg-növekedés 43,5 kg volt. Olajreteknel a zöldtömeg 342,9 kg-mal a száraztömeg 26,6 kg-mal nőtt. Az egységnyi hatóanyag hatására bekövetkező hektáronként felvett NPK tartalom növekedésre az évjáratnak – a facélia és az olajretek P_2O_5 tartalmát kivéve – nem volt hatása (10. táblázat). A felvett tápanyagok mennyisége a csapadékviszonyoktól függetlenül nőtt.

8. táblázat. A zöldtrágyanövények K_2O tartalma (kg/ha)
(Gödöllő, 2008–2009)

	Kezelések (1)	2008	2009	Átlag (8)	SZD _{5%} (9)
Facélia (2)	műtrágya nélkül (5)	75,2	34,0	54,6	
	műtrágyázott (50 kg/Nha) (6)	179,5	97,8	138,7	23,6
	tápanyagtartalom-növekedés (%) (7)	239%	287%	263%	
	SZD _{5%} (9)		23,9		
Mustár (3)	műtrágya nélkül (5)	52,3	91,6	72,0	
	műtrágyázott (50 kg/Nha) (6)	183,2	218,4	200,8	37,5
	tápanyagtartalom-növekedés (%) (7)	350%	238%	294%	
	SZD _{5%} (9)		24,6		
Olajretek (4)	műtrágya nélkül (5)	58,0	62,1	60,0	
	műtrágyázott (50 kg/Nha) (6)	126,8	175,6	151,2	40,8
	tápanyagtartalom-növekedés (%) (7)	219%	283%	251%	
	SZD _{5%} (9)		13,5		

Table 8. Effect of different nutrient levels on the uptake of K_2O amount of green manure plants (kg ha⁻¹) (Gödöllő, 2008–2009). (1) Treatments, (2) Phacelia, (3) Mustard, (4) Oil radish, (5) No fertilization, (6) With 50 kg N ha⁻¹ fertilizer, (7) Change in nutrient content, (8) Average, (9) LSD_{5%}.

9. táblázat. 1 kg hozzáadott N hatóanyagra vetített biomassza növekedés (kg/ha)

Növények (1)	Biomassza (5)	2007	2008	2009	Átlag (8)	SZD _{5%} (9)
Facélia (2)	Zöldtömeg (6)	336,1	575,8	238,0	455,9	167,3
	Száraztömeg (7)	26,2	37,4	28,0	31,8	nsz
Mustár (3)	Zöldtömeg (6)	268,5	487,3	632,0	377,9	90,1
	Száraztömeg (7)	38,9	48,1	92,0	43,5	20,6
Olajretek (4)	Zöldtömeg (6)	329,8	356,1	482,0	342,9	nsz
	Száraztömeg (7)	23,1	30,2	64,0	26,6	20,7

Table 9. Specific biomass increasing effect of 1 kg additional N (kg ha⁻¹). (1) Plants, (2) Phacelia, (3) Mustard, (4) Oil radish, (5) Biomass, (6) Green mass, (7) Dry mass, (8) Average, (9) LSD_{5%}.

Egy kilogramm nitrogén hatóanyag a 2008–2009. évek átlagában facéliánál további 1,4 kg, mustárnál 3,0 kg, olajreteknel 2,1 kg N felvételét tette lehetővé. Ez különösen annak ismeretében jelentős, hogy a termőhely nitrogén ellátottsága gyenge. A nitrogén a P_2O_5 felvehetőségét is növelte, nitrogén kg-onként facéliánál 0,4 kg-mal, mustárnál és olajreteknel egyaránt 0,6 kg-mal. A pótlólagos hatóanyag elősegítette a K_2O felvehetőségét, hatóanyag kilogrammonként facéliánál 1,7 kg-mal, mustárnál 2,6 kg-mal, olajreteknel 1,8 kg-mal.

10. táblázat. 1 kg hozzáadott N hatóanyagra vetített NPK növekedés (kg/ha)

Növények (1)	NPK	2008	2009	Átlag (5)	SZD _{5%} (6)
Facélia (2)	N	1,8	1,1	1,4	nsz
	P ₂ O ₅	0,6	0,3	0,4	0,2
	K ₂ O	2,1	1,3	1,7	nsz
Mustár (3)	N	2,1	4,0	3,0	nsz
	P ₂ O ₅	0,4	0,8	0,6	nsz
	K ₂ O	2,6	2,5	2,6	nsz
Olajretek (4)	N	1,9	2,3	2,1	nsz
	P ₂ O ₅	0,3	0,8	0,6	0,4
	K ₂ O	1,4	2,3	1,8	nsz

Table 10. Specific NPK content increasing effect of 1 kg additional N (kg ha⁻¹). (1) Plants, (2) Phacelia, (3) Mustard, (4) Oil radish, (5) Average, (6) LSD_{5%}.

Következtetések

Adott kedvezőtlen termőhelyi körülmények között mindhárom vizsgált növény alkalmas volt zöldtrágyázásra, betöltötte talajvédő és szervesanyag kímélő funkcióját. A hektáronkénti biomassza és a beltartalmi paraméterek, különösen a N felvétel figyelembevételével azonban a keresztesvirágú mustár és olajretek kedvezőbbnek bizonyult, mint a facélia.

Kisadagú (50 kg/ha) nitrogén hatóanyag a vizsgált években mindegyik növénynél jelentős mértékben elősegítette a biomassza és a beltartalmi paraméterek növekedését, míg ennek hiányában a pentozán hatástól szenvedő növényállományt kaptunk. Nitrogén műtrágyázás hatására mindhárom növénynél többszörösére nőtt a hektáronkénti nitrogéntartalom. A nitrogén hatóanyag jelentősen elősegítette a foszfor és a kálium felvételét is.

Kis mennyiségű 50 kg/ha nitrogén hatóanyag kijuttatásával stabil zöldhalmazot, és jelentős felvett NPK mennyiséget adott mindhárom vizsgált növény, nitrogén-kiegészítés nélkül azonban a gyenge adottságú termőhelyen nem minden esetben volt elérhető az elégséges biomassza. A kapott eredmények alapján adott termőhelyen másodvetésű zöldtrágyázásnál lehetőség szerint minden esetben, de a kalászosok szalmájának helyben hagyásakor feltétlenül javasolandó a nitrogénkijuttatás.

IRODALOM

- Ajtay Ö.*: 1957. A hozamok javítása és hasznosítása. Magyar Mezőgazdaság. 12. 12–13: 10–11.
- AKI*: 2009. Tájékoztató jelentés a nyári mezőgazdasági munkákról (2009. augusztus 10-i operatív jelentések alapján). AKI. Budapest.
- Antal J.*: 2000. Növénytermesztők zsebkönyve. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Birkás M.*: 2001. Talajművelés a fenntartható gazdálkodásban. Akaprint Kiadó. Budapest. 294.
- Birkás M.*: 2008. Kinek fontos, mi lesz a talajainkkal? Agroforum. 19. 9: 33–35.
- Füleky Gy.*: 1999. Tápanyag-gazdálkodás. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Gyárfás J.*: 1916. A zöldtrágyázás. A „Mosonvármegye” könyvnyomdája Magyaróvárott. Mosonmagyaróvár.
- Gyárfás J.*: 1929. A zöldtrágya és alkalmazása. „Pátria” Irodalmi Vállalat és Nyomdai Részvénytársaság. Budapest.
- Gyárfás J.*: 1953. A zöldtrágyázás. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Kahnt G.*: 1986. Zöldtrágyázás. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Kátai J.*: 1992. Kölcsönhatások a talajtulajdonságok, néhány agrotechnikai eljárás és a mikrobiológiai aktivitás között. Kandidátusi értekezés. Debrecen.
- Kátai J.*: 1999. Talaj-mikrobiológiai jellemzők változása trágyázási tartamkísérletben. Agrokémia és Talajtan. 48. 3–4: 348–359.
- Késmárki I.–Petróczki F.*: 2003. Komposztálás-zöldtrágyázás. Agro Napló. 7. 7: 11–13.
- Késmárki I.–Petróczki F.*: 2005. Vélemények a lehetséges klímaváltozásról és várható hatásairól. II. rész. Agro Napló. 9. 6–7: 13–15.
- Kismányoky T.*: 2005. Tápanyagellátás, trágyázás. [In: Antal J. Növénytermesztés tan 1. A növénytermesztés alapjai, gabonafélék.] Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Máté A.*: 2005. Növénytermesztési Tanüzem. Tanulmány. Gödöllő.
- Müller G.*: 1991. Az agroökológia talaj-mikrobiológiai kérdései és az intenzív mezőgazdasági termelés. Agrokémia és Talajtan. 40. 3–4: 263–272.
- Stefanovits P.*: 1999a. Főtípusok, típusok és altípusok. [In: Stefanovits P. et al. Talajtan.] Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Stefanovits P.*: 1999b. A tájak talajviszonyai. [In: Stefanovits P. et al. Talajtan.] Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Surányi J.*: 1951. Kettőstermesztés. Mezőgazdasági kiadó. Budapest.
- Surányi J.*: 1952. A szántóföldi kettőstermesztés módszerei és növényei. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Tóth Z.*: 2006. A zöldtrágya. [In: Birkás M. Földművelés és földhasználat.] Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Westsik V.*: 1923. Zöldtrágyázás a homokföldeken. Köztelek. 33. 49: 549–580.
- Westsik V.*: 1927. Az alföldi futóhomoktalajok okszerű mezőgazdasága. „Pátria” Irodalmi Vállalat és Nyomdai Részvénytársaság. Budapest.
- Westsik V.*: 1932. A tarlózöldtrágyázás. Köztelek. 42. 57–28: 517.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

Dr. Mikó Péter–Kovács Gergő Péter–Nagy László–Dr. Gyuricza Csaba
Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar
Növénytermesztési Intézet
Gödöllő
Páter K. u. 1.
H-2103