

ВПЛИВ ПІСЛЯЖИВНОГО СИДЕРАТУ РЕДЬКИ ОЛІЙНОЇ ТА ОБРОБІТКУ НА ПОЖИВНИЙ РЕЖИМ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО ЗА ВИРОЩУВАННЯ ПРОСАПНИХ КУЛЬТУР

Мищенко Юрій Григорович

кандидат сільськогосподарських наук, доцент
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ORCID: 0000-0002-5942-9288
Yrmis@ukr.net

Захарченко Еліна Анатоліївна

кандидат сільськогосподарських наук, доцент
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ORCID: 0000-0002-9291-3389
elina.zakharchenko@snaeu.edu.ua

Масик Ігор Миколайович

кандидат сільськогосподарських наук, доцент
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ORCID: 0000-0002-7599-210X
MasikIgor@ukr.net

У статті наведено результати досліджень ефективності застосування під буряки цукрові та картоплю післяживного сидерату редьки олійної за різних обробіток ґрунту. Дослідження проведено в умовах чорнозему типового глибокого малогумусного середньосуглинкового на лесоподібному суглинку на дослідних полях Сумського національного аграрного університету. Район досліджень відноситься до Лівобережного Лісостепу. Схема досліду включала чотири варіанти основного обробітку ґрунту: оранка на глибину 28–30 см, плоскорізний обробіток на глибину 28–30 см, дискування на глибину 14–16 см і 4–6 см.

Сидерат висівали після збирання попередника ячменю ярого та загортали наприкінці жовтня. Доведено, що застосування післяживного сидерату редьки олійної максимально покращує поживний режим чорнозему типового при вирощуванні буряків цукрових та картоплі: у шарі 0–30 см найбільше зростає вміст легкогідролізованого азоту – на 9,8–13,8 мг/кг, рухомого фосфору – на 8,0–13,8 мг/кг й обмінного калію – на 7,8–13,0 мг/кг, порівняно з іншими фонами удобрення. Проведення для загортання зеленого добрива редьки олійної безполицевого обробітку на глибину 28–30 см забезпечувало найвищий вміст легкогідролізованого азоту – 106,7 і 113,8 мг/кг, рухомого фосфору – 124,6 і 129,6 мг/кг та обмінного калію – 121,7 і 123,6 мг/кг.

Фітомаса сидератів найбільше впливала на зростання вмісту азоту – 49–52 %, а найменше – фосфору – 24–25 %; післяживний сидерат редьки олійної більшою мірою впливав на підвищення вмісту поживних елементів за оранки – 33–66 % та безполицевого обробітку глибиною 28–30 см – 19–61 %. Кращий варіант живлення за загортання сидерату редьки олійної шляхом проведення глибокого безполицевого обробітку обумовив отримання найвищого врожаю буряків цукрових – 35,4 т/га та картоплі – 30,3 т/га, що суттєво різнилося до оранки – на 1,4 і 1,8 т/га відповідно, як і до мілкого безполицевого рихлення ґрунту – на 4,7 і 3,7 т/га та поверхневого – на 5,9 і 5,1 т/га.

Найвищу інтенсивність балансу азоту і калію при вирощуванні буряків цукрових і картоплі забезпечувало зелене добриво редьки олійної – 114,9 і 136,0 % та 135,7 і 101,7 % відповідно. Заміна оранки глибоким безполицевим обробітком на 28–30 см наближала позитивний баланс елементів живлення при загортанні сидерату редьки олійної до врівноваженого.

Ключові слова: післяживний сидерат, обробіток ґрунту, елементи живлення, урожайність, буряк цукровий, картопля, редька олійна.

DOI: <https://doi.org/10.32782/agrobio.2020.3.2>

Вступ. Покращення врожайності сільськогосподарських культур та ефективності використання поживних речовин одночасно є проблемою через збільшення запиту на їжу та загострення екологічних проблем (Chen et al., 2014; Yu et al., 2015). Для отримання вищої врожайності сільськогосподарських культур за інтенсивного сільського господарства застосовують високі норми мінеральних добрив. Однак дані витрати не забезпечують в умовах нестійкого зволоження надійного отримання очікуваного врожаю (Vitousek et al., 2009; Chen et al., 2011). Значна частина застосовуваних до-

брив втрачається і надходить у навколишнє середовище через вимивання у підземні води (Zhou et al., 2016) та викиди парникових газів (Zheng et al., 2004). Таким чином, доволі важливо отримувати більше врожаю вирощуваних культур з меншим впливом на навколишнє середовище, зокрема, завдяки зменшенню втрат поживних речовин.

Заміна мінеральних добрив проміжними посівами сидератів застосовується для зменшення внесення хімічних речовин за вирощування сільськогосподарських рослин (Xie et al., 2016; Thorup-Kristensen et al., 2003). Післяживні сидерати забезпечують зменшення втрат наявних у ґрунті рухомих

елементів живлення завдяки їх фіксуванню у своїй фітомасі, економію фінансів на удобрення рослин та покращення врожаю вирощуваних культур (Yang et al., 2015; Bai et al., 2015). Редька олійна належить до родини *Brassicaceae*, вона не здатна фіксувати атмосферний N₂, але вона може перехоплювати залишковий нітрат і зменшувати втрати азоту в разі вимивання, завдяки великій глибині вкорінення, що корелює із втратами рухомих елементів живлення ґрунту N (Thorup-Kristensen, 2001). Отже, за використання проміжних посівів сидератів зменшується потреба у мінеральних добривах та втрати рухомих елементів живлення (Zhang et al., 2016; Yu et al., 2014; Hooker et al., 2008).

Підвищення ефективності використання добрив у рослинництві суттєво залежить від синхронізму між потребою рослин в елементах живлення і їх надходження з різних джерел протягом вегетаційного періоду (Zhang et al., 2018). Дослідження з використанням методики ізотопу ¹⁵N показало, що за використання сидератів, надходження азоту краще відповідає потребам культур у N на різних стадіях розвитку (Yang et al., 2015). Деструкція сидератів сприяє тривалішому втриманню у ґрунті елементів живлення (Glasener et al., 2002) та скороченню викидів парникових газів і забруднювачів повітря, збереженню води та ґрунту, завдяки втриманню рухомих поживних речовин у ґрунті (Zhou et al., 2016).

Позитивний вплив сидератів на ріст сільськогосподарських культур обумовлений не лише удобрювальним ефектом, а й поліпшенням агрофізичних властивостей ґрунту, таких як щільність, пористість, водопроникність (Mandal et al., 2003; Mishchenko, 2013, 2015, 2017; Hospodarenko & Lysjanskyi, 2015; Ustroev & Murzaev, 2020), структурно-агрегатний склад ґрунту (Linkov et al., 2015; Shalagina, 2019, 2020), стійкість ґрунту до вітрової та водної ерозії (Tzandur et al., 2011). Сидерати пригнічують ріст та розвиток бур'янів, які є потенційними конкурентами культурних рослин за площу живлення та поживні елементи (Zakharchenko & Mishchenko, 2017; Karpenko et al., 2019; Mishchenko et al., 2019; Mishchenko & Zakharchenko, 2019). Але вплив сидератів на агрофізичні властивості, розвиток ос-

новної культури залежить від погодних умов у роки досліджень (Postnikov, 2014; Kolodyazhny & Karabaev, 2020). Загортання сидеральної маси стримує накопичення грибкових, бактеріальних та вірусних захворювань сільськогосподарських культур, зокрема, картоплі (Alekseev & Kasatkin, 2020).

Комплексні дослідження європейського землеробства показали, що традиційний обробіток ґрунту чинить несприятливу дію на п'ять функцій ґрунту: первинну продуктивність, зв'язування вуглецю, колообіг поживних речовин та забезпечення ними рослини, регулювання водного режиму та очищення води, середовище для існування організмів (Ghaley et al., 2018). Глобальне потепління змінює водний режим, впливаючі на ферментативну активність ґрунту, яка, у свою чергу, впливає на колообіг поживних речовин (Kovacs et al., 2017).

Враховуючи вагомий фактор удобрення за вирощування картоплі, метою цього дослідження було дослідити часові зміни вмісту доступних для даної культури елементів живлення ґрунту за використання післяживної сидерації на фоні різних способів обробітку ґрунту.

Матеріали і методи досліджень. Польові дослідження проводились з 2005 по 2010 рр. на базі дослідного поля навчально-наукового виробничого центру Сумського національного аграрного університету (ННВК СНАУ) (34°43' сх. д. і 50°54' пн. ш. за Гринвічем). Властивості чорнозему типового дослідного поля на глибині 0–30 см становили: вміст гумусу – 3,9 ± 0,3 %, ґрунт характеризувався низьким ступенем забезпечення гідролізованим азотом – 101 мг/кг (за Корнфільдом), підвищеним вмістом рухомих сполук P₂O₅ і K₂O – відповідно 135 і 117 мг/кг ґрунту (за Чириковим).

Погодні умови у роки проведення досліджень різнилися як за зволоженням, так і за температурним режимом. За даний період спостерігали помітне потепління клімату – всі роки за середньорічною температурою повітря істотно перевищували багаторічний показник, екстремальними у цьому плані були періоди – 2005, 2007–2010 рр. (табл. 1).

Таблиця 1

Погодні умови періоду досліджень за даними метеостанції м. Суми, 2005–2010 рр.

Місяць	Температура повітря, °C								Кількість опадів, мм							
	середня багатор.	2005	2006	2007	2008	2009	2010	середня багатор.	2005	2006	2007	2008	2009	2010		
Січень	-6,8	-1,3	-9,0	0,4	-4,6	-5,0	-10,9	38,0	55,5	16,3	63,9	34,5	47,7	38,2		
Лютий	-6,3	-6,3	-9,0	-5,6	-1,1	-2,5	-4,0	30,0	42,5	48,4	52	14,9	47,7	77,2		
Березень	-1,2	-3,7	-1,2	5,4	4,8	1,4	-0,6	33,0	22,9	65,6	27,4	41,3	62,6	7,7		
Квітень	7,7	10,5	8,9	8,1	11,7	10,1	10,5	35,0	21,6	25,1	19,6	53,3	5,0	17,0		
Травень	15,1	19,0	15,2	18,4	14,6	15,6	18,9	51,0	18,2	127	41,6	60,6	71,7	34,5		
Червень	18,8	17,5	20,6	20,7	19,3	22,1	23,3	68,0	72,2	49,8	90,4	23,1	44,9	15,7		
Липень	19,5	21,2	20,7	21,7	21,6	21,9	26,2	73,0	69,0	58,0	37,4	134	164	114		
Серпень	19,2	21,4	20,9	23,4	22,0	18,4	25,7	64,0	18,8	105	9,7	78,5	33,0	7,8		
Вересень	13,3	16,2	14,8	14,7	13,9	16,7	15,2	44,0	5,3	80,0	79,0	24,0	9,4	71,7		
Жовтень	6,4	8,2	9,0	9,5	10,4	8,6	5,5	45,0	58,7	33,0	38,5	17,0	77,3	44,5		
Листопад	0,1	2,3	1,9	-0,1	2,9	4,1	7,2	45,0	89,9	15,5	42,9	39	50,3	61,4		
Грудень	-4,2	-3,0	1,1	-1,4	-2,4	-4,6	-3,5	44,0	65,4	10	20,7	32	75,2	85,4		
За період вегетації	15,6	17,6	16,9	17,8	17,2	17,5	20,0	335	205	445	278	373	328	261		
	± до багатор.	2,0	1,3	2,2	1,6	1,9	4,4		-130	110	-57	38	-7	-74		
За рік	6,81	8,51	7,81	9,60	9,42	8,88	9,47	570,0	540	634	523	552	689	576		
	± до багатор.	1,70	1,01	2,79	2,61	2,08	2,66		-30	64	-47	-18	119	6		

За вегетаційний період як суттєво жаркі до норми по-

казники температури повітря були у 2005–2009 рр., а екстремальні у 2010 р. Екстремально теплими до багаторічної

норми за температурним режимом були також післяжнивні періоди років досліджень.

Повноцінне використання теплових ресурсів регіону досліджень рослинами лімітується кількістю та рівномірністю випадання дощів. Аналіз кількості опадів показує, що у середньому за рік їх випало у три з 6 років менше багаторічної кількості. При цьому, випадання опадів не було рівномірним як за роками, так і за місяцями. Зокрема, 2009 р. був найбільш вологим, а 2007 р. – істотно посушливим. За вегетаційний період з років досліджень помітно посушливими були – 2005, 2007 та 2010 рр., найпомітніший недобір опадів спостерігали у 2005 р. – 110 мм. За післяжнивний період у роки досліджень кількість опадів була типовою до багаторічної з незначним не-

добором. Досить сприятливими за зволоженням у післяжнивний період був 2006 рік, а істотно посушливим – 2005 р., з недобором 70,2 мм вологи.

Польові і лабораторні дослідження виконувалися за загальноприйнятими методиками. Обліки й спостереження проводилися у триразовому повторенні перед загортанням сидерату (3 д. X), за вирощування буряків цукрових на час сівби (2 д. IV), змикання міжрядь (1 д. VII) та збирання (1 д. X), а за вирощування картоплі на час садіння (1 д. V), цвітіння (3 д. VI) та перед збиранням (3 д. VIII).

Схема досліду з визначення ефективності способів обробітку ґрунту за загортання післяжнивного сидерату редьки олійної при картоплі, 2005–2010 рр. наступна:

№ варіанта	Основне удобрення (фактор А)	Основний обробіток ґрунту (фактор Б)
1	післяжнивні рештки пшениці озимої 5,2 т/га – фон (контроль)	полицева оранка на глибину 28–30 см (контроль)
2		безполицевий обробіток на глибину 28–30 см
3		безполицевий обробіток на глибину 13–15 см
4		безполицевий обробіток на глибину 6–8 см
5	фон + післяжнивний сидерат редьки олійної 29,7 т/га	полицева оранка на глибину 28–30 см (контроль)
6		безполицевий обробіток на глибину 28–30 см
7		безполицевий обробіток на глибину 13–15 см
8		безполицевий обробіток на глибину 6–8 см

Площа посівної ділянки 96 м² (ширина 8 м, довжина 12 м), облікової ділянки – 60 м². Дослід закладено за методом розщеплених ділянок.

Вміст азоту, фосфору, калію й кальцію у рослинах сидератів визначали за Гінзбургом шляхом озолення з подальшим визначенням: азоту – колориметричним методом на фотоелектроколориметрі, користуючись при цьому синьо-фіолетовим світлофільтром, фосфору – на фотоелектроколориметрі у червоній або інфрачервоній ділянці спектра, калію й кальцію – на полуменовому фотометрі. Вміст у ґрунті лужно-гідролізованого азоту визначали за Корнфілдом, рухомих форм фосфору й калію – за Чиріковим.

Післяжнивний сидерат редьки олійної висівали на початку серпня і загортали у ґрунт наприкінці жовтня з подальшим вирощуванням у наступному році картоплі (сорт Словя-

нка) та буряків цукрових гібрид Уманський ЧС-97 за загальноприйнятою агротехнікою для умов Лівобережного Лісостепу з включенням у технологію елементів органічного землеробства.

Результати. Оптимальне живлення рослин залежить не лише від виду добрива, а й від способу та глибини обробітків ґрунту, проведених для його загортання. Редька олійна за час післяжнивного періоду вирощування 2005–2009 рр. сприяла мобілізації вищого вмісту гідролізованого азоту у шарах ґрунту 0–10 см – 118 мг/кг і 10–20 см – 109 мг/кг. Порівняно з контролем без посіву сидерату, різниця становила 13 і 11 % відповідно. Найпомітніше підвищення до контролю вмісту азоту на 14 мг/кг ґрунту встановлено в шарі ґрунту 0–10 см за вирощування післяжнивного посіву сидерату (рис. 1).

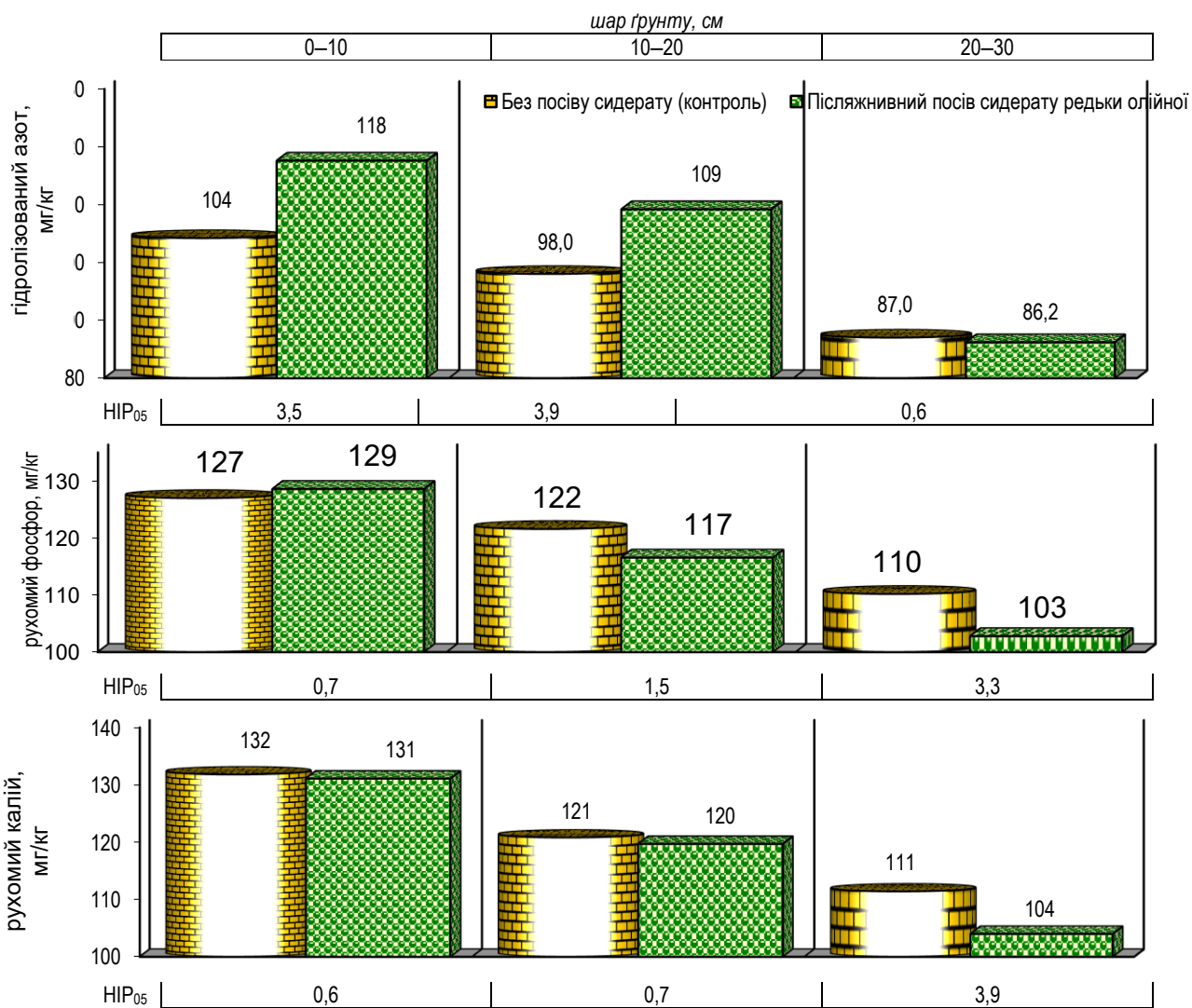


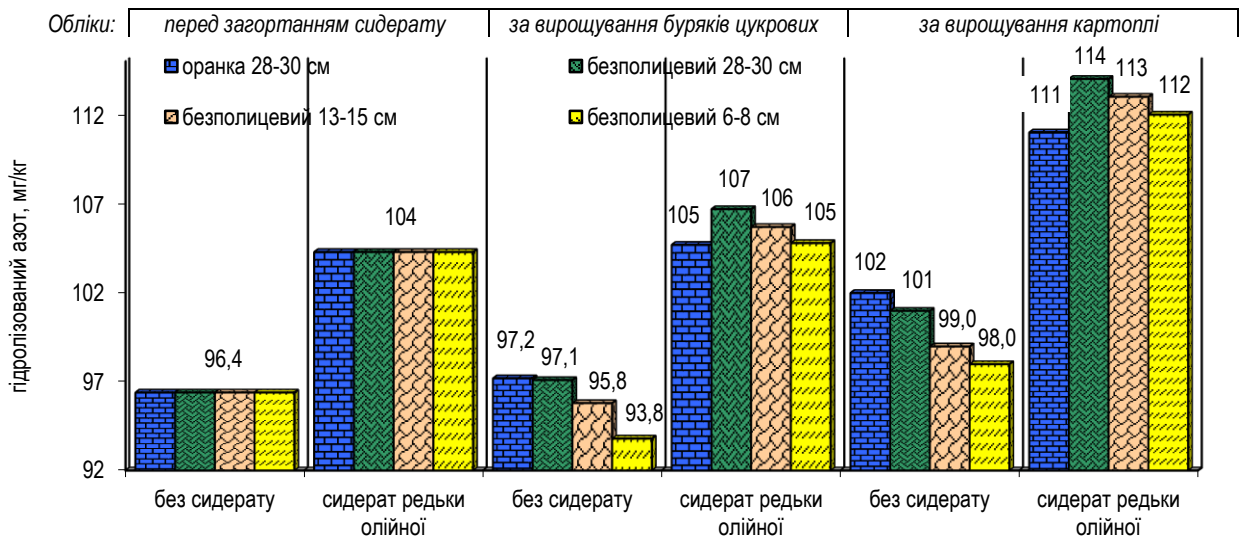
Рис. 1. Вміст елементів живлення за шарами ґрунту перед загортанням післяживного сидерату редьки олійної, середнє за 2005–2009 рр., мг/кг.

Значно вищий вміст доступних для рослин форм азоту до глибини 20 см обумовлений покращанням мікробіологічних процесів, внаслідок яких мобілізація поживних речовин переважала над виносом. В нижньому шарі 20–30 см вміст гідролізованого азоту під посівом редьки олійної визначено нижчим до контролю, оскільки діяльність ґрунтової біоти, задіяної у процесах переведення цього елемента у доступні форми, на глибині сповільнювалась і не компенсувала його споживання рослинами сидерату.

У верхньому 0–10 см шарі ґрунту на 1,6 мг/кг збільшувався вміст рухомого фосфору, порівняно до контролю без посіву сидерату, де перед загортанням сидерату рівень доступних фосфатів визначено на рівні 127 мг/кг. У глибших ша-

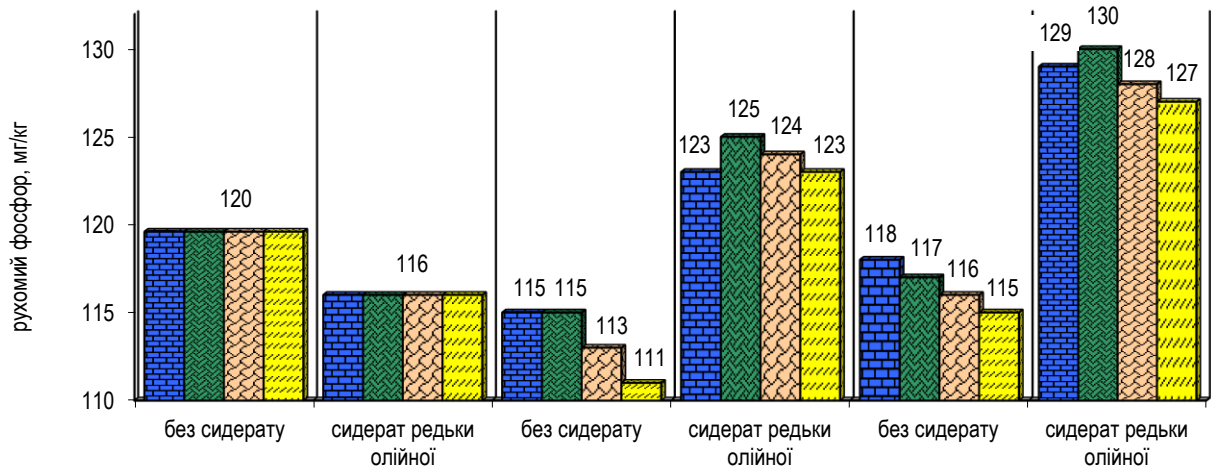
рах ґрунту 10–20 та 20–30 см вміст рухомого фосфору, внаслідок виносу його рослинами редьки олійної, істотно знижувався до контролю і становив 117 та 103 мг/кг. За період вирощування післяживної редьки олійної на сидерат вміст обмінного калію помітно поступався контролю без посіву сидерату; найменшу різницю між ними – 1,0 мг/кг визначено у верхньому шарі 0–10 см, а у шарі 20–30 см – найбільшу – 7 мг/кг.

Таким чином, перед проведенням основного обробітку, післяживний посів редьки олійної на зелене добриво забезпечував на 8 % вищий вміст гідролізованого азоту до рівня 104 мг/кг, порівняно з безсидеральним фоном, та, споживаючи за період свого вирощування макроелементи з ґрунту, знижував на 2–3 % запаси доступних форм фосфору до 116 мг/кг і калію – до 118 мг/кг у шарі ґрунту 0–30 см (рис. 2).



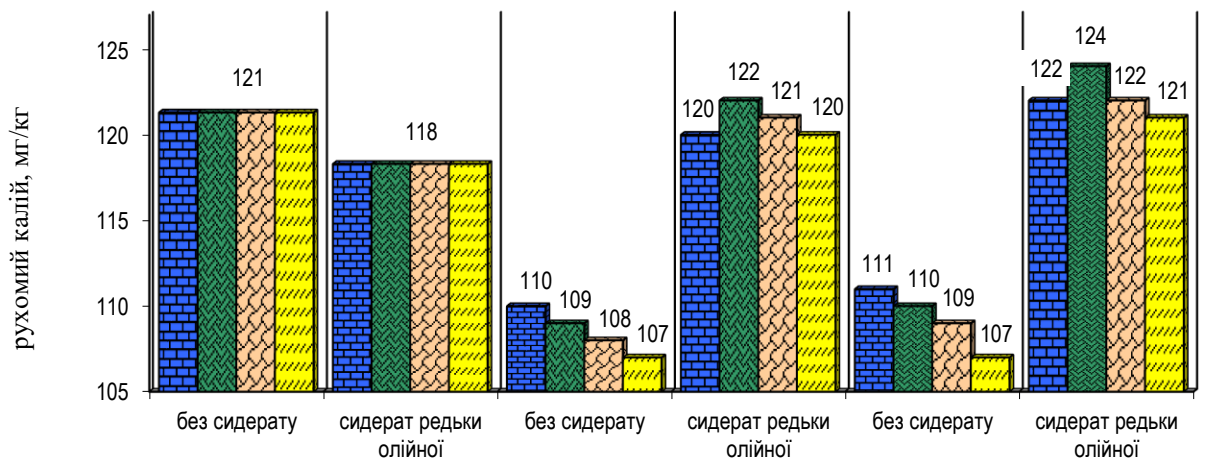
НІР₀₅ сидерату / обробітку

2,2	0,6 / 0,8	1,1 / 1,5
-----	-----------	-----------



НІР₀₅ сидерату / обробітку

1,7	0,5 / 0,8	0,7 / 1,0
-----	-----------	-----------



НІР₀₅ сидерату / обробітку

1,3	0,5 / 0,7	0,7 / 1,0
-----	-----------	-----------

Рис. 2. Вміст елементів живлення в шарі 0–30 см під тестовими культурами за різних фонів удобрення та обробітку, середнє за 2005–2010 рр., мг/кг.

Після проведених основних обробіток під тестові культури у 2007 р. за шарами ґрунту визначено найвищий вміст гідролізованого азоту – від 86,3 до 160 мг/кг, рухомих форм

фосфору – 100–163 і калію – 107–157 мг/кг. Найнижчі запаси доступних елементів живлення у ґрунтових шарах були у

2006 р.: азоту – 70,3–129 мг/кг, фосфору – 79,3–141 мг/кг і калію – 77,3–126 мг/кг.

У середньому за 2006–2010 рр. при вирощуванні буряків цукрових сидерат редьки олійної, порівняно з контролем без сидератів, забезпечив за всіх обробітків ґрунту підвищення у шарі 0–30 см вмісту гідролізованого азоту на 8–12 % до 105–107 мг/кг, рухомого фосфору – на 7–11 % до 123–125 мг/кг та калію – на 9–12 % до 120–122 мг/кг. Під посівами картоплі перевага сидерату до контролю більш виражена, що обумовило на фоні зеленого добрива вищий вміст азоту – 111–114 мг/кг, фосфору – 127–130 мг/кг, та калію – 121–124 мг/кг.

Загортання сидерату редьки олійної шляхом глибокого безполицевого обробітку на 28–30 см забезпечило в шарі ґрунту 0–30 см найвищий вміст поживних елементів. Цей спосіб загортання зеленого добрива редьки олійної надав суттєво вищу забезпеченість поживними елементами посіви тестових культур та різнився у межах похибки до безполицевого рихлення на глибину 13–15 см під картоплю за вмістом азоту (де його визначено 113 мг/кг) та до оранки на 28–30 см – за вмістом фосфору (129 мг/кг). Найвищу локалізацію елементів живлення до поверхні ґрунту визначено за безполицевого загортання сидерату на глибину 6–8 см у шарі ґрунту 0–10 см (табл. 2).

Таблиця 2

Вміст елементів живлення в шарах ґрунту під тестовими культурами за різних фонів удобрення та обробітку, середнє за 2006–2010 рр., мг/кг

Варіант		гідролізований азот			рухомий фосфор			рухомий калій		
фон удобрення	обробіток ґрунту	шар ґрунту, см								
		0–10	10–20	20–30	0–10	10–20	20–30	0–10	10–20	20–30
буряки цукрові										
без сидерату (контроль)	оранка 28–30	105	98,3	88,4	125	117	103	117	110	101
	безполицевий 28–30 см	110	97,3	83,7	131	115	97,6	122	108	97,7
	безполицевий 13–15 см	113	94,1	80,5	135	111	94,1	125	105	94,5
	безполицевий 6–8 см	117	86,0	78,5	139	106	89,5	127	103	90,9
післяживив ний сидерат редьки олійної	оранка 28–30	117	105	92,3	135	126	109	131	121	109
	безполицевий 28–30 см	126	105	89,7	143	124	107	139	120	107
	безполицевий 13–15 см	131	100	85,5	149	121	101	141	118	103
	безполицевий 6–8 см	136	96,5	82,2	154	116	98,1	143	116	100
НІР ₀₅ сидерату		0,9	1,0	1,0	0,8	0,7	1,0	0,9	0,8	0,8
НІР ₀₅ обробітку		1,3	1,4	1,4	1,1	1,0	1,4	1,2	1,1	1,1
картопля										
без сидерату (контроль)	оранка 28–30	109	102	93,7	125	120	109	119	112	103
	безполицевий 28–30 см	113	100	88,4	129	118	105	121	109	101
	безполицевий 13–15 см	116	97,5	84,3	133	114	102	123	107	96,9
	безполицевий 6–8 см	119	93,3	81,5	136	110	99,0	124	104	92,7
післяживив ний сидерат редьки олійної	оранка 28–30	122	111	98,8	139	131	115	131	124	111
	безполицевий 28–30 см	137	110	94,7	146	130	113	139	123	109
	безполицевий 13–15 см	142	108	88,6	150	127	107	140	120	105
	безполицевий 6–8 см	146	104	86,2	154	123	105	142	118	102
НІР ₀₅ сидерату		1,4	1,3	1,2	1,2	0,9	0,7	1,0	0,7	1,2
НІР ₀₅ обробітку		2,0	1,8	1,7	1,7	1,3	1,1	1,5	1,0	1,7

Збільшення глибини безполицевих обробітків зменшувало диференціацію розподілу добрив і рослинних решток під посівами, що суттєво знизило, порівняно з обробітком на 6–8 см, забезпеченість рослин поживними елементами 0–10 см шару ґрунту за безполицевих обробітків на глибину 13–15 та 28–30 см: по азоту – відповідно на 3–4 та 6–7 %, фосфору – 3 та 5–7 % і калію – 1 та 2–4 %.

Після полицевого обробітку добрива й рослинні рештки загорталися найрівномірніше у шарі ґрунту 0–30 см, що й обумовило за оранки сидерату редьки олійної під посівами буряків цукрових і картоплі найнижчий вміст у верхньому шарі 0–10 см гідролізованого азоту – 117 і 122 мг/кг ґрунту, рухомого фосфору – 135 і 139 мг/кг та калію – 131 мг/кг. У нижніх шарах цей обробіток, порівняно з безполицевими, помітно підвищував запаси доступних елементів живлення, забезпечуючи на фоні зеленого добрива редьки олійної в шарах ґрунту 10–20 см і 20–30 см найвищий вміст гідролізованого азоту в полі з цукровими буряками – 105 і 92,3 мг/кг, рухомого фосфору – 126 і 109 мг/кг калію 121 і 109 мг/кг за вирощування буряків цукрових та картоплі – відповідно 111 і 98,8 мг/кг

(азоту), 131 і 115 мг/кг (фосфору) та 124 і 111 мг/кг (калію).

За вмістом елементів живлення у нижніх шарах ґрунту до полицевого обробітку найбільш наближався безполицевий на глибину 28–30 см, різниця між цими обробітками під посівами тестових культур на фоні сидерату редьки олійної визначена у межах 1–4 % і була не суттєва у шарі ґрунту 10–20 см за вмістом гідролізованого азоту і рухомого калію. Зменшення глибини безполицевих обробітків з 28–30 до 13–15 і 6–8 см призводило до помітного зниження вмісту у шарах ґрунту 10–20 та 20–30 см гідролізованого азоту – на 16–41 %, рухомого фосфору – на 14–36 %, і калію – на 13–30 %, порівняно з їх запасами у шарі 0–10 см.

У динаміці вирощування буряків цукрових і картоплі за безполицевого обробітку на глибину 28–30 см сидерального фону в шарі ґрунту 0–30 см визначено найвищий вміст гідролізованого азоту – в межах 94–117 і 109–120 мг/кг, рухомих форм фосфору – 110–134 і 120–137 мг/кг та обмінного калію – 101–133 і 108–134 мг/кг (рис. 3, 4).

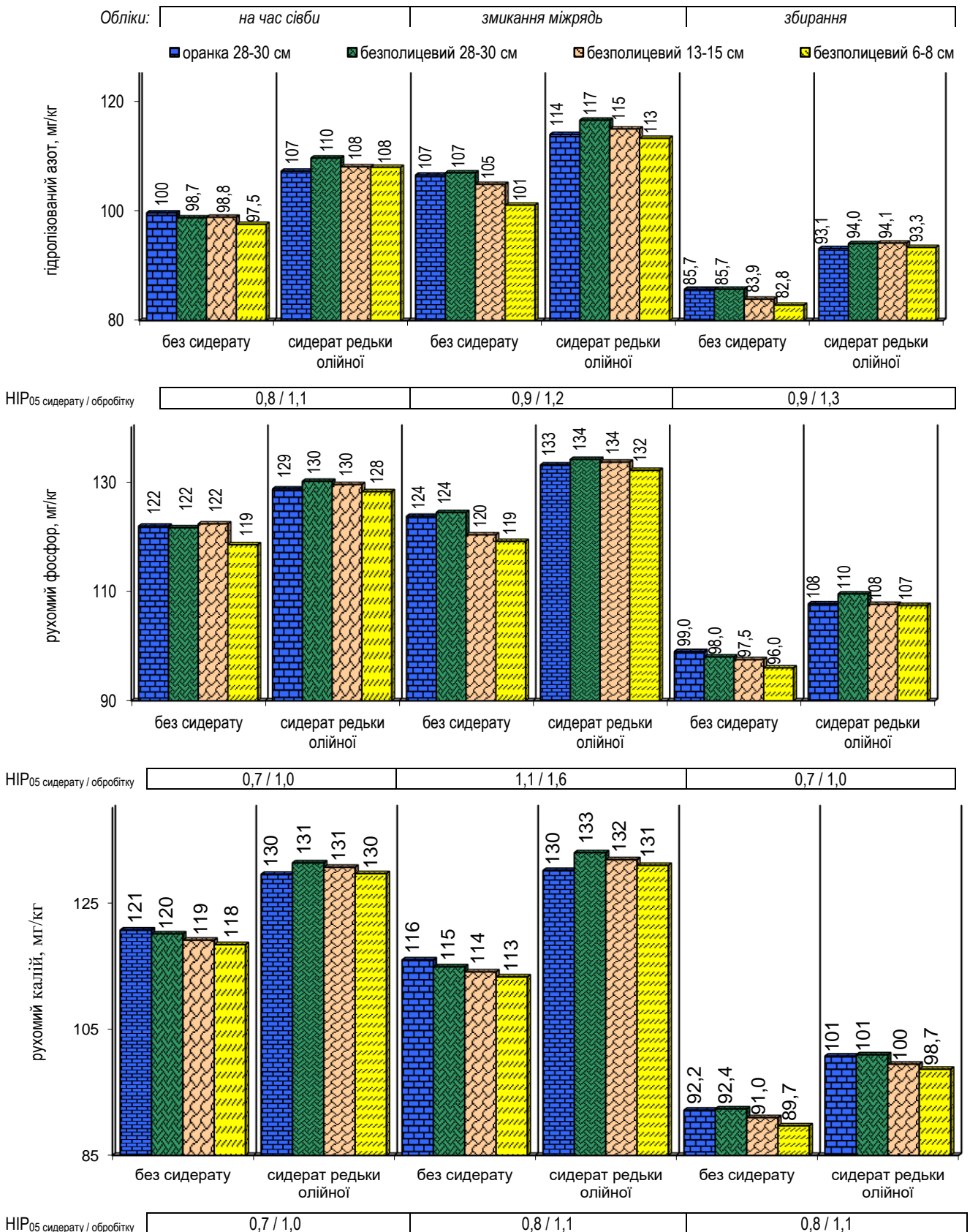


Рис. 3. Динаміка елементів живлення в шарі ґрунту 0–30 см під буряками цукровими за різних фонів удобрення та обробітку, середнє за 2006–2010 рр., мг/кг.

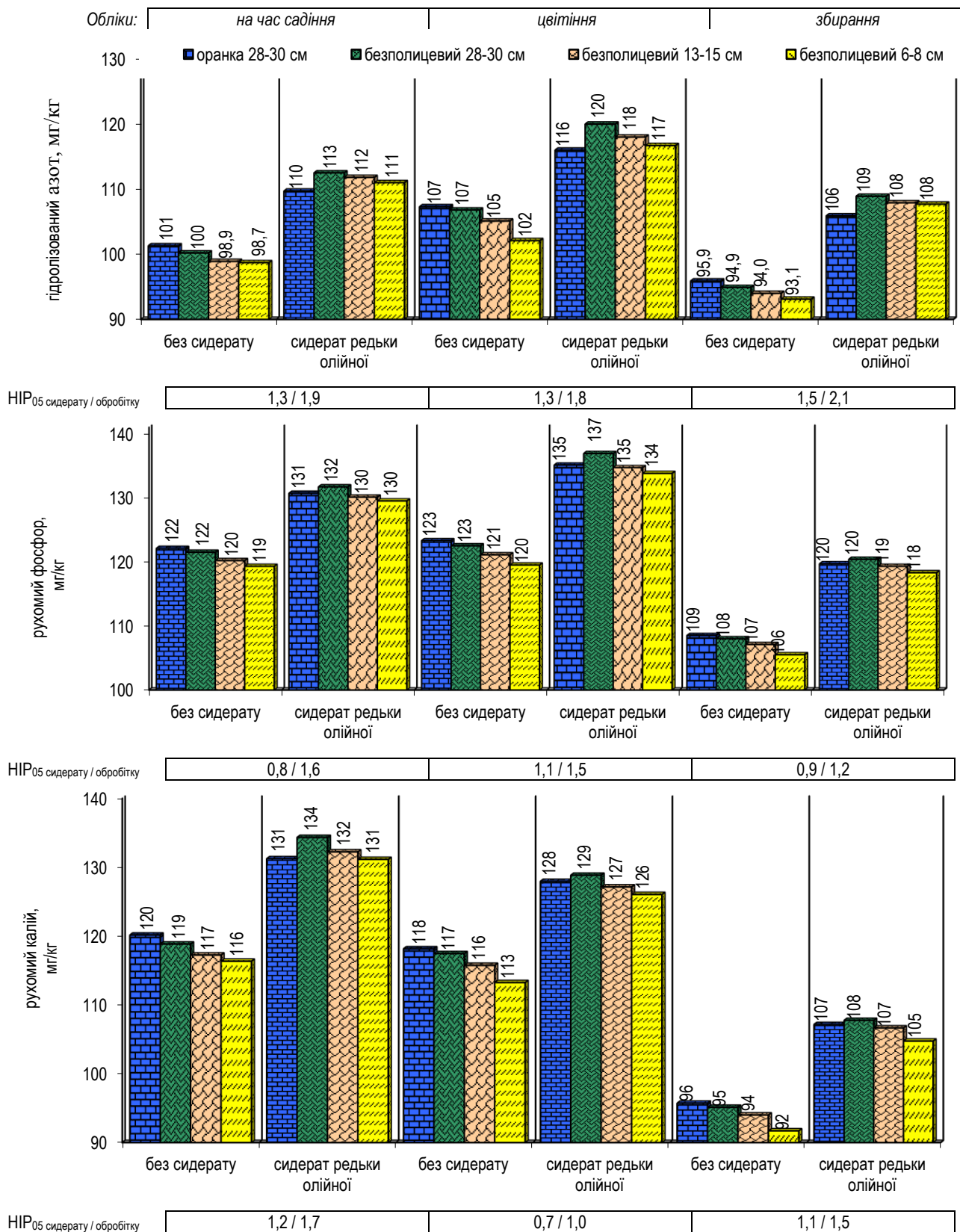


Рис. 4. Динаміка елементів живлення в шарі ґрунту 0–30 см під картоплею за різних фонів удобрення та обробітку, середнє за 2006–2010 рр., мг/кг.

Суттєва перевага цього способу загорання зеленого добрива до інших визначена на час сівби буряків цукрових за вмістом гідролізованого азоту та на час садіння картоплі – за калієм, в середині вегетації тестових культур за вмістом

азоту, а на час збирання буряків цукрових – за вмістом фосфору. Причиною цього були сприятливі умови для мінералізації сидерату редьки олійної, оскільки за безполицевого обробітку на глибину 28–30 см зелене добриво не так глибоко

загорталося, як за оранки, а кореневмісний шар ґрунту був найрозпушенишим, порівняно до решти безполицевих обробітків.

За ефективністю мобілізації в кореневмісному шарі ґрунту запасів поживних речовин з фітомаси сидерату редьки олійної до глибокого безполицевого обробітку на 28–30 см найбільш поступався поверхневий – на 6–8 см; різниця між ними за кількістю доступних елементів живлення визначена у межах 1–3 % та суттєво різнилася майже в усі строки обліку (окрім вмісту азоту на час садіння картоплі та збирання тестових культур).

Загортання сидерату редьки олійної шляхом проведення безполицевого обробітку на глибину 13–15 см, порівняно до поверхневого на 6–8 см, переважно не суттєво підвищувало вміст поживних елементів у шарі ґрунту 0–30 см, та наближало його до оранки, де за вирощування буряків цукрових і картоплі визначено гідролізованого азоту в межах 93,1–114 і 106–116 мг/кг, рухомих форм фосфору – 108–133 і 120–135 мг/кг та обмінного калію – 101–130 і 107–131 мг/кг.

При вирощуванні тестових культур за фону сидерату найвищий вміст гідролізованого азоту – 113–120 мг/кг та рухомого фосфору – 132–137 мг/кг у шарі ґрунту 0–30 см визначено в середині вегетаційного періоду. Максимальні запаси рухомого калію мали на час змикання міжрядь буряків цукрових – 130–133 мг/кг, а при вирощуванні картоплі – на час її садіння – 131–134 мг/кг. Найменшу кількість доступних для рослин форм азоту (83–96 мг/кг), фосфору (96–109 мг/кг) та калію (90–96 мг/га) визначено на фоні без сидерату перед збиранням врожаю. Така динаміка розподілу елементів живлення пояснюється максимальною їх мобілізацією внаслідок активної діяльності мікробіологічних процесів, пов'язаних з мінералізацією органічної речовини ґрунту у першій половині вегетаційного періоду та споживанням за період вирощування буряків цукрових і картоплі.

Застосування зеленого добрива редьки олійної забезпечувало значне збільшення у кореневмісному шарі ґрунту 0–30 см вмісту гідролізованого азоту (на 7,5–14,6 мг/кг), рухомого фосфору (на 6,8–14,3 мг/кг) і калію (на 8,6–15,5 мг/кг), порівняно з фоном без сидерату за всіх обробітків ґрунту.

Між фітомасою сидерату і запасами поживних речовин в шарі ґрунту 0–30 см встановлено прямий, середньої за

щільністю кореляційний зв'язок – за азотом $r = 0,65-0,32$ і фосфором $r = 0,57-0,30$, та тісною за калієм $r = 0,81-0,71$. За оранки була найбільша частка впливу фітомаси сидерату на вміст гідролізованого азоту – 42 %, рухомих форм фосфору – 33 % та обмінного калію – 66 %. Серед безполицевих обробітків найбільшу частку впливу зеленого добрива на вміст азоту й фосфору – 19 %, та калію – 61 %, мали за рихлення на глибину 28–30 см, а найменшу – за безполицевого рихлення на глибину 6–8 см – 10 % за азотом і фосфором та 51 % – за калієм.

У 0–10 см поверхневому шарі зниження вмісту рухомих форм елементів живлення за збільшення глибини безполицевого обробітку було помітнішим після зеленого добрива, де частка впливу глибини обробітку була вищою за вмістом фосфору калію на 8 і 15 % відповідно, порівняно з фоном без сидерату. Це пов'язано з кращою мобілізацією доступних форм фосфору та калію в шарі ґрунту 0–10 см за поверхневого загортання в ґрунт зеленої маси редьки олійної.

У шарах ґрунту 10–20 і 20–30 см між глибиною безполицевого обробітку і вмістом поживних елементів встановлено прямий кореляційний зв'язок. За застосування зелених добрив, порівняно з фоном без сидератів, у шарі ґрунту 10–20 см визначено менший вплив глибини безполицевого обробітку на вміст доступних форм азоту й фосфору ($r = 0,65$) та калію ($r = 0,79$), що пов'язано з удобрювальною, розпувальною та аеруючою дією органічної речовини рослин редьки олійної.

У шарі ґрунту 20–30 см за поглиблення обробітку при безполицевому загортанні зеленого добрива підвищувалась частка впливу глибини на вміст гідролізованого азоту (72 %), рухомого фосфору (53 %) і калію (85 %); різниця, порівняно з фоном без сидерату, становила відповідно 10, 23 та 4 %. Цей шар ґрунту був найбільш ущільненим і потребував глибокого механічного розпушення для покращання аерації та мінералізації органічної речовини сидерату. Якщо у шарі ґрунту 0–30 см основний обробіток під тестові культури мав вплив на вміст елементів живлення у межах 0,3–1,3 %, то зелене добриво редьки олійної суттєвіше впливало на доступні запаси поживних речовин – у межах 21,9–31,9 % (рис. 5).

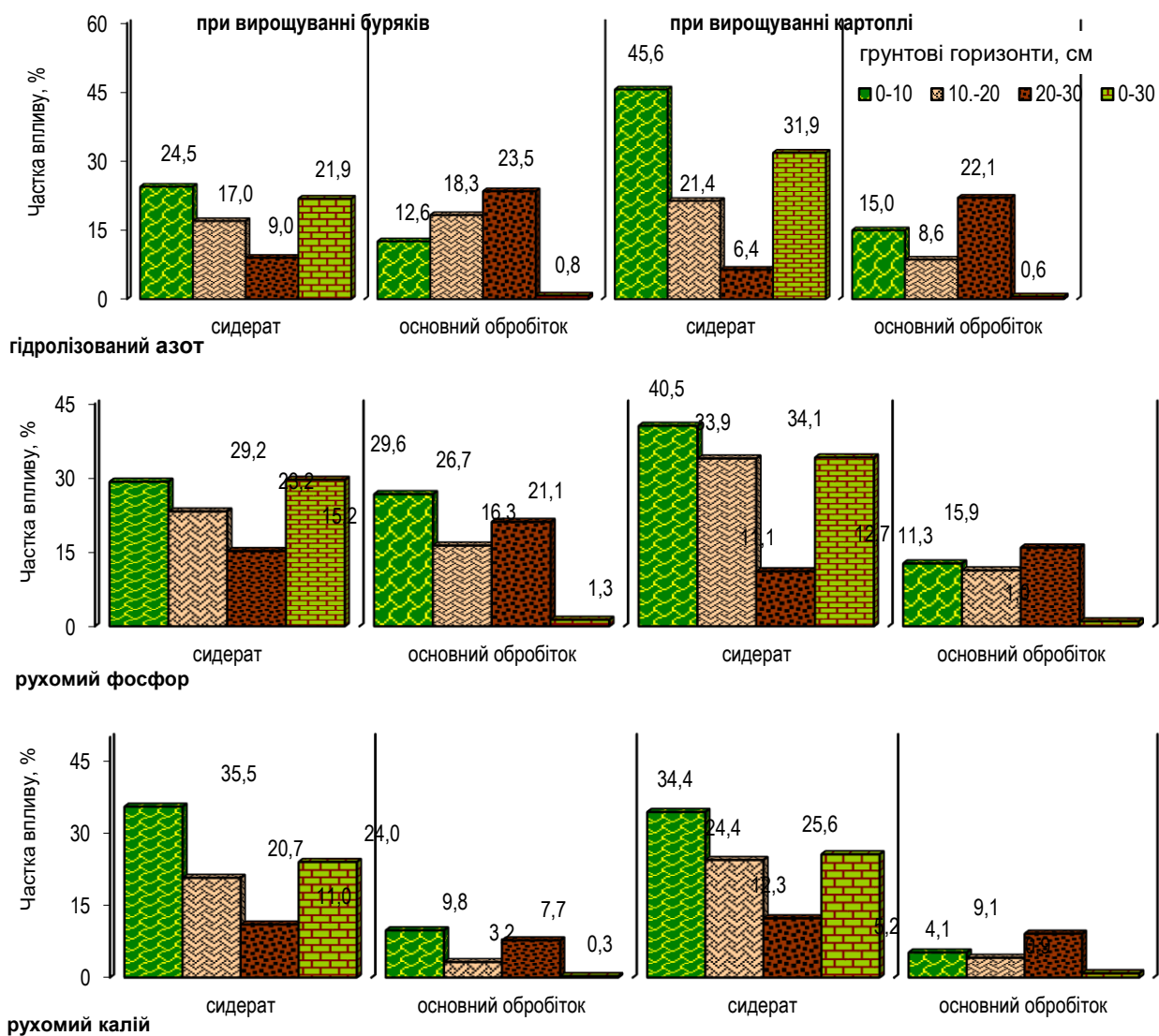
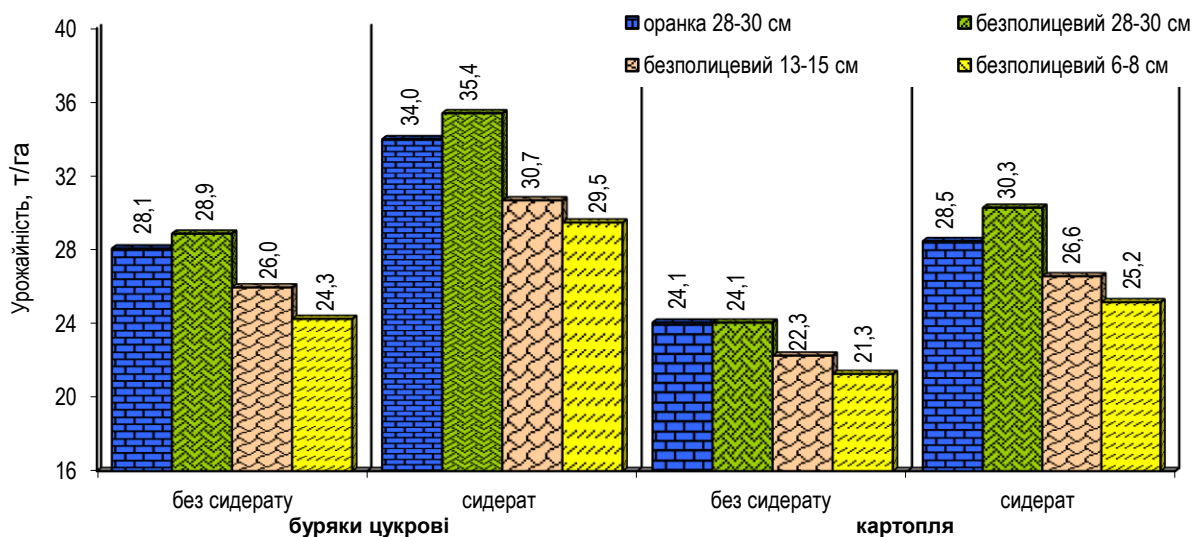


Рис. 5. Частка впливу післяжнивного сидерату та обробітку на вміст доступних форм елементів живлення, середнє за 2006–2010 рр., %.

Частка впливу сидерату на вміст під тестовими культурами гідролізованого азоту (24,5%), рухомого фосфору (29,2%) та калію (35,5%) була найвищою в шарі ґрунту 0–10 см, а в глибших шарах знижувалась в межах 6,4–15,2%. Найбільший вплив основного обробітку на вміст гідролізованого азоту (22,1%), рухомого фосфору (15,9%) та калію (9,1%) визначено під посівами картоплі у шарі ґрунту 20–

30 см, а за вирощування буряків цукрових у шарі ґрунту 20–30 см – на вміст азоту (23,5%), та у шарі 0–10 см – на вміст фосфору (26,7%) і калію (9,8%). Краща забезпеченість елементами живлення обумовила отримання більших врожаїв буряків цукрових та картоплі на фоні сидерату редьки олійної (рис. 6).



НІР₀₅ сидерату = 1,4, НІР₀₅ обробітку = 1,0 | НІР₀₅ сидерату = 0,7, НІР₀₅ обробітку = 1,0
Рис. 6. Вплив сидерату і способу основного обробітку ґрунту на урожайність тестових культур, середнє за 2006–2010 рр., т/га.

У середньому за 2006–2010 рр. у ґрунт на фоні без сидератів з побічною продукцією надходило азоту 75,4 кг/га, фосфору 55,4 кг/га і калію 97 кг/га; на фоні застосування зеленої маси редьки олійної надходило відповідно 211, 111 і 238 кг/га цих же макроелементів.

За балансом елементів живлення оцінюється агрохімічна ефективність елементів загортання післязливних решток і сидерату (табл. 3). Винос елементів живлення культу-

рами, як і величина їх урожайності, були найвищими за оранки та безполицевого обробітку ґрунту на глибину 28–30 см за застосування зеленого добрива; найнижчі показники виносу встановлено за проведення безполицевого рихлення на глибину 6–8 см на безсидеральному фоні. За вирощування буряків цукрових отримано більший винос азоту – на 23,9–31,8 кг/га, картоплі – фосфору й калію – на 4,4–11,5 і 17,1–59,6 кг/га.

Таблиця 3

Баланс елементів живлення під посівами просяпних культур за різного фону удобрення та обробітків ґрунту, середнє за 2006–2010 рр.

Варіант		Надходження, кг/га			Винос урожаєм, кг/га			Баланс, кг/га			Інтенсивність балансу, %		
фон удобрення	обробіток ґрунту	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
буряки цукрові													
без сидерату	оранка 28–30 см	75,4	55,4	97	150	49,5	175	-74,3	5,9	-77,5	50,4	112	55,6
	безполицевий 28–30 см	75,4	55,4	97	150	49,7	175	-74,8	5,7	-77,7	50,2	112	55,5
	безполицевий 13–15 см	75,4	55,4	97	140	46,5	163	-65	8,9	-65,5	53,7	119	59,7
	безполицевий 6–8 см	75,4	55,4	97	132	43,7	156	-56,9	11,7	-58,6	57,0	127	62,3
сидерат редьки олійної	оранка 28–30 см	212	112	238	175	54,4	175	36,4	57,1	62,8	121	205	136
	безполицевий 28–30 см	212	112	238	177	54,9	177	34,4	56,6	60,8	119	203	134
	безполицевий 13–15 см	212	112	238	161	51,3	172	50,3	60,2	65,9	131	217	138
	безполицевий 6–8 см	212	112	238	155	49,8	164	56,2	61,7	74,3	136	224	145
картопля													
без сидерату	оранка 28–30 см	75,4	55,4	97	122	52,9	195	-46,8	2,5	-98	61,7	101	49,8
	безполицевий 28–30 см	75,4	55,4	97	122	53,0	195	-46,9	2,4	-98,1	61,7	101	49,7
	безполицевий 13–15 см	75,4	55,4	97	113	51,0	180	-37,7	4,4	-83,3	66,7	109	53,8
	безполицевий 6–8 см	75,4	55,4	97	108	49,0	173	-33,0	6,4	-75,7	69,5	113	56,2
сидерат редьки олійної	оранка 28–30 см	212	112	238	143	63,1	229	68,3	48,5	9,1	148	177	104
	безполицевий 28–30 см	212	112	238	152	66,4	237	59,8	45,1	1,3	139	168	101
	безполицевий 13–15 см	212	112	238	134	59,4	214	77,4	52,2	23,7	158	188	111
	безполицевий 6–8 см	212	112	238	127	56,7	203	84,3	54,8	34,6	166	197	117

Під буряками цукровими на контролі без сидератів баланс азоту був від'ємним і за безполицевого обробітку на глибину 6–8 см він був мінімальним - 56,9 кг/га. За глибокого безполицевого обробітку на 28–30 см дефіцит азоту збільшився до - 74,8 кг/га. На фоні сидерату встановлено позитивний баланс азоту відповідно за зазначеними обробітками – 56,2 і 34,4 кг/га. Подібні закономірності балансу азоту визначено і під картоплею.

Баланс фосфору на контролі без сидерату під буряками цукровими коливався в межах 8 кг/га. За сидерату редьки олійної він підвищувався в 7 разів, а під картоплею відповідно у 12 разів, що пов'язано з більшим виносом фосфору врожаєм бульб картоплі.

Баланс калію на контролі без сидерату під буряками цукровими був від'ємним і становив за безполицевого об-

бітку на 28–30 см та оранкою на ту ж глибину - 78 кг/га, за мілкою обробітку на 6–8 см дефіцит калію знижувався до - 59 кг/га. За внесення сидерату редьки олійної баланс калію був позитивний і за різних обробіток ґрунту підвищувався до 61–74 кг/га. У зв'язку з інтенсивним виносом калію врожаєм картоплі на контролі без сидерату дефіцит цього елемента за глибоких обробіток становив -98 кг/га, а за внесення сидерату він підвищувався та не перевищував 34 кг/га за безполіцевого обробітку на глибину 6–8 см.

Обговорення. За останні роки у разі зростає внесення неорганічного азоту в інтенсивних технологіях на посівах сільськогосподарських культур (Gu et al., 2015), тоді як показники урожайності вирощуваних культур зростають повільно. Часто сільськогосподарські виробники вносять добрив про запас у більших кількостях, ніж потребують сільськогосподарські культури, і цей дисбаланс поживних речовин, у свою чергу, посилює екологічні проблеми (Chen et al., 2011; Zhang et al., 2012). Таким чином, дуже важливо зменшити внесення хімічних добрив, одночасно зберігаючи або підвищуючи врожайність. Одним із реалістичних способів є заміна хімічних добрив N або P органічним зеленим добривом.

Бобові сидерати здатні фіксувати, накопичувати та вивільняти велику кількість азоту, тоді як небобові культури в основному використовуються для запобігання ерозії ґрунту, фіксування рухомих форм елементів живлення та зменшення їх вимивання у нижні горизонти (Tosti et al., 2012). В наших дослідженнях редька олійна за час післяжнивного періоду вирощування 2005–2009 рр. сприяла мобілізації у ґрунтового горизонті 0–30 см вищого вмісту гідролізованого азоту – 104 мг/кг, порівняно з контролем без посіву сидерату різниця становила 7,9 %.

Застосування зеленого добрива редьки олійної суттєво збільшило врожай картоплі та буряків цукрових (рис. 6) та краще забезпечувало їх макроелементами протягом всього періоду вирощування, демонструючи стимульоване зростання врожаю та поглинання елементів живлення, що узгоджувалося з іншими дослідженнями з використанням бобових або небобових сидератів (Yang et al., 201; Bai, et al., 2015; Zhang, et al., 2016; Liang et al., 2011). Але в ряді випадків, озимі сидерати (в тому числі ріпак озимий) при відновленні росту можуть проявляти себе як конкуренти основним культурам, наприклад, при вирощуванні картоплі (Carrera et al., 2005).

Дані рисунку 3 демонструють позитивний вплив сидерату на вміст макроелементів в орному шарі і наголошують на дієвості заміни неорганічних добрив застосуванням післяжнивного сидерату редьки олійної, що забезпечує суттєве покращення поживного режиму картоплі й буряків цукрових та підвищення їх врожайності, порівняно з контролем без внесення добрив.

Сидеральні культури мають різні коефіцієнти гуміфікації, співвідношення поживних елементів у надземній та підземній частинах. Внесення мінеральних добрив у різних співвідношеннях NPK та дозах зменшують ці коефіцієнти сидератів (Hospodarenko & Lysianskyi, 2016). Так, K. Habtegebral разом із співавторами (Habtegebral et al., 2007) повідомили, що способи обробітку ґрунту впливають на інтенсивність вивільнення елементів живлення та мають значний вплив на біологічний урожай культур. Вчені вказують, що за глибокого обробітку ґрунту покращується доступність поживних речовин та води для ефективного засвоєння елементів

живлення, що зумовлює отримання вищих врожаїв (Gomma et al., 2002; Gul et al., 2009; Habtegebral et al., 2007). J. D. Jabro та ін. (Jabro et al., 2010) виявили, що глибокий обробіток ґрунту призводить до зниження опору проникнення ґрунту шляхом розпушування глибокого шару ґрунту і, зрештою, призводить до кращого поглинання рухливих поживних речовин із глибокої глибини ґрунту, що і підтверджується результатами наших досліджень (рис. 3, 4).

За відмови від поліцевого обробітку ґрунту відмічено зниження втрат азоту, органічної речовини (Bahadar et al., 2007; Agostini et al., 2012; Basamba et al., 2006). Нами встановлено вищу концентрацію доступних форм елементів живлення за безполіцевого обробітку та при зменшенні його глибини. Так, у шарі ґрунту 0–10 см встановлено найвищий вміст гідролізованого азоту за вирощування буряків цукрових – 136 мг/кг і картоплі – 146 мг/кг, рухомого фосфору – 153 мг/кг і калію – 143 і 142 мг/кг відповідно (табл. 2). Вміст елементів живлення тісно корелював з глибиною безполіцевого загортання сидерату редьки олійної: тісний зворотній зв'язок за вмістом гідролізованого азоту ($r = -0,59$), рухомих форм фосфору ($r = -0,96$) та калію ($r = -0,94$) виявлено в шарі ґрунту 0–10 см.

Згідно прийнятих параметрів інтенсивність балансу вважається достатньою за вмісту азоту 80 %, фосфору 110 % та калію 80 %. За оранки і безполіцевих обробіток, на фоні без сидерату під буряками цукровими і картоплею баланс азоту і калію був наполовину меншим згідно прийнятого нормативу. Баланс фосфору визначено на рівні оптимуму під буряками цукровими і деяким зниженням під картоплею.

За внесення сидерату інтенсивність балансу основних елементів живлення була достатньою і коливалася під буряками цукровими за азотом від 119 до 136 %, а калієм 134–145 %. Відповідно під картоплею 139–166 % – азоту і 101–117 % – калію. Баланс фосфору при цьому був у 1,7–2,2 рази вищим від прийнятого нормативу. Отже, інтенсивність балансу за застосування сидерату редьки олійної при різних обробітках ґрунту наближається до оптимуму мінерального живлення, що не поступається традиційним добривам.

Висновки. В умовах Лівобережного Лісостепу України післяжнивний сидерат редьки олійної формував фітомасу – 29,1–29,7 т/га, та накопичував у ній азоту –136,1–144,4,1 кг/га, фосфору – 51,7–56,1 кг/га, калію – 140,9–157,1 кг/га і кальцію – 174,6–178,3 кг/га.

Застосування сидерату редьки олійної під буряки цукрові і картоплю сприяло зростанню вмісту в кореневмісному шарі ґрунту 0–30 см легкогідролізованого азоту – на 9,8–13,8 мг/кг, рухомого фосфору – на 8,0–13,8 мг/кг й обмінного калію – на 7,8–13,0 мг/кг, порівняно з неудобреним фоном.

Загортання сидерату редьки олійної шляхом безполіцевого обробітку глибиною 28–30 см забезпечувало за період вирощування буряків цукрових і картоплі найбільший вміст легкогідролізованого азоту – 106,7 і 113,8 мг/кг, рухомого фосфору – 124,6 і 129,6 мг/кг та обмінного калію –121,7 і 123,6 мг/кг.

Фітомаса сидерату найбільше впливала на вміст у кореневмісному шарі ґрунту 0–30 см азоту – 49–52 %, а найменше – фосфору – 24–25 %. Вміст елементів живлення більше залежав від післяжнивного сидерату редьки олійної – на 21,9–31,9 %, ніж основного обробітку – 0,3–1,3 %. Зелене до-

бриво редьки олійної мало вищу частку впливу на вміст елементів живлення за оранки – 33–66 % та безполицевого обробітку глибиною 28–30 см – 19–61 %.

Післяжнивний сидерат редьки олійної забезпечував позитивний баланс елементів живлення буряків цукрових і картоплі. Найбільш позитивний баланс елементів живлення – 34,6–84,3 кг/га мали на фоні сидерату за безполицевого об-

робітку на 6–8 см; зростання глибини безполицевого рихлення до 28–30 см наближало баланс до врівноваженого.

За безполицевого загортання сидерату редьки олійної на глибину 28–30 см отримано найвищу урожайність буряків цукрових – 35,4 т/га і картоплі – 30,3 т/га; різниця до оранки була суттєвою – на 1,4 і 1,8 т/га відповідно, як і до мілкого безполицевого рихлення ґрунту – на 4,7 і 3,7 т/га та поверхневого – на 5,9 і 5,1 т/га.

Бібліографічні посилання:

1. Chen, X., Cui, Z., Fan, M., Vitousek, P., Zhao, M., Ma, W., Wang, Z., Zhang, W., Yan, X., Yang, J., Deng, X., Gao, Q., Zhang, Q., Guo, S., Ren, J., Li, S., Ye, Y., Wang, Z., Huang, J., Tang, Q., Sun, Y., Peng, X., Zhang, J., He, M., Zhu, Y., Xue, J., Wang, G., Wu, L., An, N., Wu, L., Ma, L., Zhang, W., & Zhang, F. (2014). Producing more grain with lower environmental costs. *Nature*, 514, 486–489. doi: 10.1038/nature13609.
2. Yu, W., Elleby, C., & Zobbe, H. (2015). Food security policies in India and China: implications for national and global food security. *Food Security*, 7(2), 405–414. doi: 10.1007/s12571-015-0432-2
3. Vitousek, P. M., Naylor, R., Crews, T., David, M. B., Drinkwater, L. E., Holland, E., Johnes, P. J., Katzenberger, J., Martinelli, L.A., Matson, P. A., Nziguheba G., Ojima D., Palm C. A., Robertson G. P., Sanchez P. A., Townsend A. R. & Zhang F. S. (2009). Nutrient imbalances in agricultural development. *Science*, 324, 1519–1520. doi: 10.1126/science.1170261
4. Chen, X. P., Cui, Z. L., Vitousek, P. M., Cassman, K. G., Matson, P. A., Bai, J. S., Meng, Q. F., Hou, P., Yue, S. C., Römheld, V. & Zhang, Fu-Suo (2011). Integrated soil-crop system management for food security. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 108, 6399–6404. doi: 10.1073/pnas.1101419108
5. Zhou, J., Gu, B., Schlesinger, W.H., & Ju, X. (2016). Significant accumulation of nitrate in Chinese semi-humid croplands. *Sci. Rep.*, 6, 25088. doi:10.1038/srep25088
6. Zheng, X., Han, S., Huang, Y., Wang, Y. & Wang, M. (2004). Re-quantifying the emission factors based on field measurements and estimating the direct N₂O emission from Chinese croplands. *Glob. Biogeochem. Cycles*, 18(2). doi: 10.1029/2003GB002167
7. Xie, Z., Tu, S., Shah, F., Xu, C., Chen, J., Han, D., Liu, G., Li, H., Muhammad, I., & Cao, W. (2016). Substitution of fertilizer-N by green manure improves the sustainability of yield in double-rice cropping system in south China. *Field Crop Res.*, 188, 142–149. doi: 10.1016/j.fcr.2016.01.006
8. Thorup-Kristensen, K., Magid, J., & Jensen, L. S. (2003). Catch crops and green manures as biological tools in nitrogen management in temperate zones. *Adv. Agron.*, 79, 227–302. doi: 10.1016/S0065-2113(02)79005-6
9. Yang, L., Cao, W., Thorupkristensen, K., Bai, J., Gao, S., & Chang, D. (2015). Effect of *Orychopragmus violaceus* incorporation on nitrogen uptake in succeeding maize. *Plant Soil Environ*, 61, 260–265. doi: 10.17221/178/2015-PSE
10. Bai, J., Cao, W., Xiong, J., Zeng, N., Gao, S., & Katsuyoshi, S. (2015) Integrated application of February Orchid (*Orychopragmus violaceus*) as green manure with chemical fertilizer for improving grain yield and reducing nitrogen losses in spring maize system in northern China. *J. Integr. Agric.*, 14, 2490–2499. doi: 10.1016/S2095-3119(15)61212-6
11. Thorup-Kristensen, K. (2001). Are differences in root growth of nitrogen catch crops important for their ability to reduce soil nitrate-N content, and how can this be measured? *Plant Soil*, 230, 185–195. doi: 10.1023/A:1010306425468
12. Zhang, D., Yao, P., Na, Z., Yu, C., Cao, W., & Gao, Y. (2016). Contribution of green manure legumes to nitrogen dynamics in traditional winter wheat cropping system in the Loess Plateau of China. *Eur. J. Agron.*, 72, 47–55. doi: 10.1016/j.eja.2015.09.012
13. Yu, Y., Xue, L., Yang, L. (2014). Winter legumes in rice crop rotations reduces nitrogen loss, and improves rice yield and soil nitrogen supply. *Agron. Sustain. Dev.*, 34, 633–640. doi: 10.1007/s13593-013-0173-6
14. Hooker, K. V., Coxon, C. E., Hackett, R., Kirwan, L. E., O’Keeffe, E., & Richards, K. G. (2008). Evaluation of cover crop and reduced cultivation for reducing nitrate leaching in Ireland. *J. Environ. Qual.*, 37, 138–145. doi: 10.2134/jeq2006.0547
15. Zhang, F., Cui, Z., Chen, X., Ju, X., Shen, J., Chen, Q., Liu, X., Zhang, W., Mi, G., & Fan, M. (2012). Integrated nutrient management for food security and environmental quality in China. *Adv. Agron.*, 116, 1–40.
16. Glasener, K. M., Waggener, M. G., Mackown, C. T., & Volk, R. J. (2002). Contributions of shoot and root nitrogen-15 labeled legume nitrogen sources to a sequence of three cereal crops. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 66, 523–530. doi: 10.2136/sssaj2002.5230
17. Zhou, Z., Zhang, L., Cao, W., & Huang, Y. (2016). Appraisal of agro-ecosystem services in winter green manure-spring maize. *Ecol. Environ. Sci.* 2016, 25, 597–604. (In Chinese with English Abstract)
18. Mandal, U. K., Singh, G., Victor, U. S., & Sharma, K. L. (2003). Green manuring: Its effect on soil properties and crop growth under rice-wheat cropping system. *Eur. J. Agron.*, 19, 225–237. doi: 10.1016/s1161-0301(02)00037-0
19. Mishchenko, Y. H. (2013). Optymizacija shhilnosti gruntu pry vyroshhuvanni burjakiv cukrovyyh [Optimization of soil density in sugar beet cultivation]. *Visnyk SNAU. Serija : Agronomija ta biologija*, 11, 62–67 (in Ukrainian).
20. Mishchenko, Y. H. (2015). Vplyv pisljazhnyvnogo syderatu redky olijnoi ta obrobitku na vodopronyknist gruntu [The influence of after crop siderate of oil radish and cultivation on the permeability of soil]. *Visnyk SNAU. Serija : Agronomija ta biologija*, 9, 119–128 (in Ukrainian).
21. Mishchenko, Y. H. (2017). Pisljazhnyvni syderaty ta porystist gruntu [Green manure crop and porosity of the soil]. *Visnyk SNAU. Serija: Agronomija ta biologija*, 2, 61–69. (in Ukrainian).
22. Hospodarenko, G. M., & Lysjanskyi, O. L. (2015). Efektyvnist vykorystannja vology riznoudobrenymy syderalnymy paramy [The efficiency of moisture usage by differently fertilized green-manured fallows]. *Visnyk agrarnoi nauky Prychornomorja*, v. 2, tom 1,

ch. 2., 13–21 (in Ukrainian).

23. Ustroev, A. A., & Murzaev, E. A. (2020). Jeffektivnost ispolzovanija sideralnyh kultur dlja razuplotnenija pochvy v tehnologii vzdelyvanija kartofelja [Efficiency of using seeder crops for uncomplacing soil in the technology of cultivation of potato]. *Agrarnye nauki*, 343(11), 101–104 (in Russian). doi: 10.32634/0869-8155-2020-343-11-101-104

24. Linkov, S. A., Akinchin, A. V., & Titovskaya, A. I. (2015). Izmenenie agrofizicheskikh svoystv pochvy i ee mikrobiologicheskoy aktivnosti pod vliyaniem sideralnyh kultur [Change of agrophysical properties of soil and its microbiological activity under the influence of green manure crops]. *Sugar beet*, 10, 7–10 (in Russian).

25. Shalagina, N. M. (2019). Vliyanie odnoletnikh sideralnykh kultur v smeshannykh posevakh na agrofizicheskie svoystva pakhotnogo gorizonta pochvy i urozhainost kartofelya [Influence of Annual Green Manures in Mixed Crops on the Agrophysical Properties of the Plough-Layer and Potato Yield]. *Dalnevostochnyj agrarnyj vestnik*, 3, 91–96. (in Russian). doi: 10.25808/08697698.2019.205.3.016

26. Shalagina, N. M. (2020). Vliyanie odnoletnih sideralnyh kultur v smeshannykh posevakh na plodorodie ocheroushchikh vulkanicheskikh pochv Kamchatki i urozhainost kartofelja v korotkorotacionnom sevooborote [The effect of annual green manures in the mixed crops on the fertility of ochorous volcanic soils of kamchatka and yield of potato in short crop rotation]. *Dalnevostochnyj agrarnyj vestnik*, 3(55), 83–90 (in Russian). doi: 10.24411/1999-6837-2020-13037

27. Tzandur, N. A., Druziak, V. V., & Burykina, S. I. (2011). Sideralnye pary Stepi Ukrainy [Green steam in the Steppe of the Ukraine]. *Pochvovedenie i agrohimija*, 1(46), 37–45 (in Russian).

28. Zakharchenko, E., & Mishchenko, Y. (2017). Impact of different tillage practices and green manure on physical properties of Chernozem soil. *Degradation and revitalization of soil and landscape*. 51.

29. Karpenko, O. Yu., Rozhko, V. M., Butenko, A. O., Masyk, I. M., Malynka, L. V., Didur, I. M., Vereshchahin, I. V., Chyryva, A. S., & Berdin, S. I. (2019). Post-harvest siderates impact on the weed littering of Maize. *Ukrainian Journal of Ecology*, 9(3), 300–303.

30. Mishchenko, Y. G., Zakharchenko, E. A., Berdin, S. I., Kharchenko, O. V., Ermantraut, E. R., Masyk, I. M., & Tokman, V. S. (2019). Herbological monitoring of efficiency of tillage practice and green manure in potato agroecosystem. *Ukrainian Journal of Ecology*, 9(1), 210–219.

31. Mishchenko, Y. H., & Zakharchenko, E. A. (2019). The effect of green manures on weediness of sugar beet. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The series: Agronomy and Biology*, 4 (38), 41–49. doi: 10.32845/agrobio.2019.4.6

32. Postnikov, D. A., Temirbekova, S. K., Loshakov, V. G., Norov, M. S., & Kurilo, A. A. (2014). Sravnitel'naja agroekologicheskaja ocenka primeneniya tradicionnykh i perspektivnykh sideralnyh kultur v usloviyakh Moskovskoy oblasti [Comparative evaluation of traditional agri-environmental and perspective green manure crops planting in the conditions of Moscow region]. *Dostizheniya nauki i tehniki agropromyshlennogo kompleksa*, 8, 39–43 (in Russian).

33. Kolodyazhny, A. G., & Karabaev, N. A. (2020). Nadzemnaya fitomassa pozhnivnykh sideralnyh kultur na oroshaemykh pashnyakh Chujskoy doliny Kyrgyzstana [Aboveground phytomass of green manure stubble crops on irrigated arable land in the Chui valley of Kyrgyzstan]. *Vestnik KazNU. Seriya biologicheskaja*, 85(4), 15–23 (in Russian). doi: 10.26577/eb.2020.v85.i4.02.

34. Alekseev, V. A., & Kasatkin, S. A. (2020). Otyzychivost otechestvennykh i zarubezhnykh sortov kartofelja na ispolzovanie sideratov [Reaction of domestic and foreign potato varieties to green manure]. *Vladimirskij zemledec*, 2(92). (in Russian). doi: 10.24411/2225-2584-2020-10117.

35. Ghaley, B. B., Rusu, T., Sandén, T., Spiegel, H., Menta, C., Visioli, G., O'Sullivan, L., Gattin, I. T., Delgado, A., Liebig, M. A., Vrebos, D., Szegi, T., Michéli, E., Caccovean, H., & Henriksen, C. B. (2018). Assessment of Benefits of Conservation Agriculture on Soil Functions in Arable Production Systems in Europe. *Sustainability*, 10, 794. doi: 10.3390/su10030794

36. Kovacs, E. D., Szajdak, L., & Rusu, T. (2017). Climate change associated meteorological anomalies impact on soil nutrients cycle and dynamics. *17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM. Book 32*, 17, 69–76. doi: 10.5593/sgem2017/32/S13.010

37. Gu, B., Ju, X., Chang, J., Ge, Y., & Vitousek, P. M. (2015). Integrated reactive nitrogen budgets and future trends in China. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 112, 8792. doi: 10.1073/pnas.1510211112

38. Tosti, G., Benincasa, P., Farneselli, M., Pace, R., Tei, F., Guiducci, M., & Thorup-Kristensen, K. (2012). Green manuring effect of pure and mixed barley-hairy vetch winter cover crops on maize and processing tomato N nutrition. *Eur. J. Agron.*, 43, 136–146. doi: 10.1016/j.eja.2012.06.004

39. Liang, B., Yang, X., He, X., & Zhou, J. (2011). Effects of 17-year fertilization on soil microbial biomass C and N and soluble organic C and N in Loessial soil during maize growth. *Biol. Fertil. Soils*, 47, 121–128. doi: 10.1007/s00374-010-0511-7

40. Carrera L. M., Morse R. D., Hima B. L., Abdul-Baki A. A., Haynes K. G. & Teasdale J. R. (2005). Conservation-Tillage, Cover-Cropping Strategy and Economic Analysis for Creamer Potato Production. *Amer. J. of Potato Res.*, 82, 471–479.

41. Hospodarenko, G. M., & Lysianskyi, O. L. (2016) Changes in organic part of the soil and acid-base balance depending on green manure fertilization in podzolized chernozem. *Agricultural Science and Practice*, 3(2). doi: 10.15407/agrisp3.02.011

42. Habtegebrial, K., Singh, B.R., & Haile, M. (2007). Impact of tillage and nitrogen fertilization on yield, nitrogen use efficiency of tef *Eragrostis*, Trotter and soil properties. *Soil & Tillage Res.*, 94, 55–63. doi: 10.1016/j.still.2006.07.002

43. Gomma, M. R., Gibbons, A. K., & Ei, D. (2002). Maize grain yield as influenced by nitrogen levels with and without organic manures under different tillage systems. *Annals Agric. Sci.*, 40, 723–739. doi: 10.4067/S0718-95162017005000019

44. Gul, B., Marwat, K.B., Hassan, G., Khan, A., Hashim, S., & Khan, I.A. (2009). Impact of tillage, plant population and mulches on biological yield of maize. *Pak. J. Bot.* 41, 2243–2249.

45. Jabro, J. D., Stevens, W. B., Iversen, W. M., & Evans, R. G. (2010). Tillage depth effects on soil physical properties, sugarbeet yield and sugarbeet quality. *Communic. Soil Sci. Plant Anal.*, 41, 908–916. doi: 10.1080/00103621003594677
46. Bahadar, K. M., Arif, M., & Khan, M. A. (2007). Effect of tillage and zinc application methods on weeds and yield of maize. *Pak. J. Bot.*, 39, 1583–1591.
47. Agostini, M. A., Studdert, G. A., Martino, S. S., Costa, J. L., Balbuena, R. H., Ressia, J. M., Mendivil, G. O., & Lázaro, L. (2012). Crop residue grazing and tillage systems effects on soil physical properties and corn (*Zea mays* L.) performance. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 12(2), 271–282. doi: 10.4067/S0718-95162012000200007
48. Basamba, T. A., Barrios, E., Zquita, E. A., Rao, I. M., & Singh, B. R. (2006). Tillage effects on maize yield in a Colombian savanna oxisol: Soil organic matter and P fractions. *Soil & Tillage Res.*, 91, 131–142.

Mishchenko Y. H., PhD (Agricultural Sciences), Associate Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Zakharchenko E. A., PhD (Agricultural Sciences), Associate Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Masyk I. M., PhD (Agricultural Sciences), Associate Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

INFLUENCE OF GREEN MANURE (OILSEED RADISH) AND TILLAGE PRACTICES ON NUTRIENTS DYNAMICS OF CHERNOZEM CALCIC DURING ARABLE CROPS GROWTH

The article presents and briefly discusses the results of an investigation of the effectiveness of green manure made from oilseed radish (*Raphanus sativus* L.) following sugar beet and potatoes. In a field experiment, conducted in 2005–2010 years in Sumy National Agrarian University, we examined four mechanical methods: ploughing to a depth of 28–30 cm (conventional tillage), sweep ploughing to a depth of 28–30 cm, disking to a depth of 14–16 cm and 4–6 cm. The soil is determined as chernozem calcic (typical) medium loam (low humic, slight acid). The research area belongs to the Left Bank Forest-Steppe of Ukraine. Green manure was sown after harvesting spring barley and incorporated in late October.

The use of green manure significantly improves the nutrients regimes of calcic chernozem during sugar beets and potatoes cultivation: the content of hydrolyzed nitrogen in the soil layer of 0–30 cm increased by 9.8–13.8 mg/kg, mobile phosphorus – by 8.0–13.8 mg/kg and exchangeable potassium by 7.8–13.0 mg/kg related to other fertilized variants. Sweep ploughing to a depth of 28–30 cm resulted in increasing of hydrolyzed nitrogen content by 106.7 and 113.8 mg/kg, mobile phosphorus – 124.6 and 129.6 mg/kg and exchangeable potassium – 121.7 and 123.6 mg/kg.

The phytomass of green manure had the highest effect on the rising of nitrogen content – 49–52 %, and the least effect was received for phosphorus – 24–25 %. Incorporation of green manure by classic tillage and sweep ploughing had a greater effect on N and P content – by 33–66 % and 19–61 % respectively. The best yields of sugar beets – 35.4 t/ha and potatoes – 30.3 t/ha have been provided by using of green manure and sweep ploughing that is respectively plus 1.4 and 1.8 t/ha related to variants with conventional ploughing. It means also plus 4.7 i 3.7 t/ha related to variants with disking to a depth of 14–16 cm; 5.9 i 5.1 t/ha in comparison with disking to a depth of 4–6 cm.

The highest intensity of nitrogen and potassium balance growing sugar beets and potatoes was provided by green manure – 114.9 and 136.0 % and 135.7 and 101.7 %, respectively. Use of oilseed radish and sweep ploughing to a depth of 28–30 cm result in the positive nutrients balance that is closer to the equilibrium balance.

Key words: green manure, tillage, nutrients, yield, sugar beet, potatoes, oilseed radish.

Дата надходження до редакції: 01.10.2020 р.